

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/005985

International filing date: 23 March 2005 (23.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-86628
Filing date: 24 March 2004 (24.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 02 June 2005 (02.06.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 4 年 3 月 2 4 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 4 - 0 8 6 6 2 8

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号
J P 2 0 0 4 - 0 8 6 6 2 8
The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

出 願 人
Applicant(s): トヨタ自動車株式会社

2 0 0 5 年 5 月 2 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



【書類名】	特許願
【整理番号】	PA03-351
【あて先】	特許庁長官 殿
【国際特許分類】	F02D 41/14 F02D 45/00
【発明者】	
【住所又は居所】	愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
【氏名】	岡崎 俊太郎
【特許出願人】	
【識別番号】	000003207
【氏名又は名称】	トヨタ自動車株式会社
【代理人】	
【識別番号】	110000213
【氏名又は名称】	特許業務法人プロスペック特許事務所
【代表者】	大庭 咲夫
【手数料の表示】	
【予納台帳番号】	008268
【納付金額】	21,000円
【提出物件の目録】	
【物件名】	特許請求の範囲 1
【物件名】	明細書 1
【物件名】	図面 1
【物件名】	要約書 1

【書類名】 特許請求の範囲

【請求項 1】

内燃機関の排気通路に配設された触媒と、
前記触媒よりも上流の前記排気通路に配設された上流側空燃比センサと、
前記触媒よりも下流の前記排気通路に配設された下流側空燃比センサと、
指示に応じて燃料を噴射する燃料噴射手段と、
を備えた内燃機関に適用される内燃機関の空燃比制御装置であって、
前記内燃機関の運転状態に基づいて推定される筒内吸入空気量から目標空燃比を得るための燃料量を指令基本燃料噴射量として取得する指令基本燃料噴射量取得手段と、
前記上流側空燃比センサの出力値と所定の上流側目標値との差に基づく値を所定のハイパスフィルタ処理した後の値、又は、前記上流側空燃比センサの出力値を所定のハイパスフィルタ処理した後の値、に基づいてメインフィードバック補正量を算出するメインフィードバック補正量算出手段と、
前記下流側空燃比センサの出力値と所定の下流側目標値とに基づいてサブフィードバック補正量を算出するサブフィードバック補正量算出手段と、
前記指令基本燃料噴射量の燃料の噴射指示を受けたときに前記燃料噴射手段が実際に噴射する燃料量が前記機関に供給される混合気の実際の空燃比を前記目標空燃比とするために必要な量となるように、同指令基本燃料噴射量を補正する指令基本燃料噴射量補正手段と、
前記補正された指令基本燃料噴射量を前記メインフィードバック補正量と前記サブフィードバック補正量とで補正することで指令最終燃料噴射量を算出する指令最終燃料噴射量算出手段と、
前記指令最終燃料噴射量の燃料の噴射指示を前記燃料噴射手段に対して行うことで前記機関に供給される混合気の実際の空燃比をフィードバック制御する空燃比制御手段と、
を備えた内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の内燃機関の空燃比制御装置において、
前記指令基本燃料噴射量補正手段は、
前記上流側空燃比センサの出力値と、前記指令最終燃料噴射量と、前記目標空燃比と、
前記指令基本燃料噴射量とに基づいて指令基本燃料噴射量補正用のパラメータ値を算出するとともに、同パラメータ値を用いて同指令基本燃料噴射量を補正するように構成された内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の内燃機関の空燃比制御装置において、
前記指令基本燃料噴射量補正手段により算出される前記指令基本燃料噴射量補正用のパラメータ値には所定のローパスフィルタ処理がなされている内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 4】

請求項 2 又は請求項 3 に記載の内燃機関の空燃比制御装置であって、
燃料の噴射指示から、同噴射指示により噴射された燃料の燃焼に基づく排ガスの空燃比が前記上流側空燃比センサの出力値として現れるまでの遅れ時間を取得する遅れ時間取得手段を更に備え、
前記指令基本燃料噴射量補正手段は、
前記指令基本燃料噴射量補正用のパラメータ値を算出する際、少なくとも前記指令最終燃料噴射量として前記遅れ時間だけ前の時点での噴射指示に係わる値を使用するように構成された内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の内燃機関の空燃比制御装置において、
前記遅れ時間取得手段は、
前記内燃機関の運転状態に応じて前記遅れ時間を変更するように構成された内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 6】

請求項 2 乃至請求項 5 に記載の内燃機関の空燃比制御装置であって、
前記指令基本燃料噴射量補正手段により算出された前記指令基本燃料噴射量補正用のパラメータ値を記憶する記憶手段を更に備えた内燃機関の空燃比制御装置。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 内燃機関の空燃比制御装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、内燃機関の排気通路に配設された触媒（三元触媒）の上流側及び下流側の排気通路にそれぞれ空燃比センサを備え、各空燃比センサの出力値に基づいて機関の空燃比をフィードバック制御する内燃機関の空燃比制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、この種の空燃比制御装置が広く知られている。一般に、係る装置は、内燃機関の排気通路に配設された触媒よりも上流側及び下流側の排気通路にそれぞれ上流側空燃比センサ、及び下流側空燃比センサを介装していて、下流側空燃比センサの出力値と所定の下流側目標値との差に基づいて（例えば、差を比例・積分・微分処理（PID処理）して）サブフィードバック補正量を算出するとともに、上流側空燃比センサの出力値と所定の上流側目標値との差に基づいて（例えば、差を比例・積分処理（PI処理）して）メインフィードバック補正量を算出する。そして、係る装置は、機関の運転状態（例えば、アクセル開度、エンジン回転速度等）に基づいて推定される筒内吸入空気量から取得される、目標空燃比を得るための燃料量（指令基本燃料噴射量）を、上記メインフィードバック補正量と上記サブフィードバック補正量とに基づいて補正して得られる指令最終燃料噴射量を計算するとともに、同指令最終燃料噴射量の燃料の噴射指示をインジェクタに対して行うことで機関に供給される混合気の空燃比をフィードバック制御するようになっている。

【0003】

ところで、触媒（三元触媒）は、通常、流入する排ガスの空燃比がリーン空燃比のとき同排ガス中の窒素酸化物（ NO_x ）を還元して同窒素酸化物から奪った酸素を内部に貯蔵するとともに同流入する排ガスの空燃比がリッチ空燃比のとき同貯蔵している酸素により同排ガス中のHC、CO等の未燃成分を酸化する所謂酸素吸蔵機能を有している。従って、触媒上流の排ガスの空燃比の変動における比較的周波数の高い高周波成分、及び比較的周波数が低くて振幅（理論空燃比からの偏移量）が比較的小さい低周波成分は触媒が有する酸素吸蔵機能により完全に吸収され得ることにより触媒下流の排ガスの空燃比の変動として現れることはない。

【0004】

一方、触媒上流の排ガスの空燃比の変動における比較的周波数が低くて振幅が比較的大きい低周波成分は前記触媒の酸素吸蔵機能では完全には吸収されず、少し遅れて触媒下流の排ガスの空燃比の変動として現れる。この結果、上流側空燃比センサの出力値と下流側空燃比センサの出力値とが理論空燃比に対して互いに逆方向に偏移した空燃比を示す値となる場合が発生する。この場合、メインフィードバック制御（メインフィードバック補正量）に基づく機関の空燃比制御とサブフィードバック制御（サブフィードバック補正量）に基づく機関の空燃比制御とが互いに干渉することになるので良好な機関の空燃比制御を行うことができない。

【0005】

以上のことから、上流側空燃比センサの出力値の変動における各周波数成分のうち触媒下流の空燃比の変動として現れ得る程度の周波数成分（即ち、所定の周波数以下の低周波成分）をカットした後の同上流側空燃比センサの出力値をメインフィードバック制御に使用すれば、前記機関の空燃比制御の干渉が発生することを回避することができる。

【0006】

このような知見に基づき、下記特許文献1に記載のエンジン制御装置（空燃比制御装置）は、上流側空燃比センサの出力値をハイパスフィルタ処理した後の値と、下流側空燃比センサの出力値（この例では、同出力値をローパスフィルタ処理した後の値）とに基づいて空燃比制御を実行するようになっている。これによれば、上述した機関の空燃比制御の

干渉が発生することを回避できるとともに、触媒下流の空燃比の変動として現れ得る程度の所定の周波数以下の空燃比の変動に対する空燃比制御（実質的な空燃比制御）はサブフィードバック制御により確実に行われ得る。また、上流側空燃比センサの出力値の変動における前記所定の周波数以上の高周波数成分はハイパスフィルタを通過するからハイパスフィルタ処理した後の値として現れる。従って、内燃機関が過渡運転状態にあって排ガスの空燃比が上記所定の周波数以上の高周波数で大きく変動するような場合、同所定の周波数以上の空燃比の変動に対する空燃比制御（即ち、過渡運転状態における空燃比の急変に対する補償）はメインフィードバック制御により迅速、且つ確実に行われ得る。

【特許文献 1】 特開平 5 - 1 8 7 2 9 7 号公報

【 0 0 0 7 】

ところで、一般に、指令基本燃料噴射量を取得するために推定される筒内吸入空気量と実際の筒内吸入空気量との差、燃料を噴射するインジェクタに対する指令燃料噴射量と実際の燃料噴射量の差（以下、これらを「基本燃料噴射量の誤差」と総称する。）が不可避免的に発生する。係る基本燃料噴射量の誤差を補償しつつ機関に供給される混合気の空燃比を目標空燃比に収束させる（具体的には、空燃比センサの出力値と前記所定の目標値との定常偏差を「0」にする）ためには、上記メインフィードバック制御及び前記サブフィードバック制御の少なくとも一方において、空燃比センサの出力値と前記所定の目標値との偏差の時間積分値に基づいてフィードバック補正量を算出する処理（即ち、積分処理（I 処理））が実行される必要がある。

【 0 0 0 8 】

ところが、ハイパスフィルタ処理は微分処理（D 処理）と同等の機能を達成する処理である。従って、上記文献に記載の装置においては、メインフィードバック制御が上記積分処理を含んだ処理（例えば、比例・積分処理（P I 処理））を実行するものであっても、同メインフィードバック制御において実質的に上記積分処理が実行され得ない。従って、この場合、サブフィードバック制御において上記積分処理が実行される必要がある。

【 0 0 0 9 】

しかしながら、上述した触媒の酸素吸蔵機能の影響により機関に供給される混合気の空燃比の変化は少し遅れて触媒下流の排ガスの空燃比の変化として現れる。よって、上記基本燃料噴射量の誤差が急に増大する場合においては、サブフィードバック制御のみでは同基本燃料噴射量の誤差を直ちに補償することができず、その結果、一時的にエミッションの排出量が増大する場合が発生するという問題がある。

【発明の開示】

【 0 0 1 0 】

従って、本発明の目的は、内燃機関の排気通路に配設された触媒の上流側及び下流側の排気通路にそれぞれ上流側空燃比センサ及び下流側空燃比センサを備え、上流側空燃比センサの出力値をハイパスフィルタ処理した後の値と、下流側空燃比センサの出力値とに基づいて機関に供給される混合気の空燃比をフィードバック制御する内燃機関の空燃比制御装置において、機関に供給される混合気の空燃比を目標空燃比に向けて制御しつつ基本燃料噴射量の誤差を迅速に補償することができるものを提供することにある。

【 0 0 1 1 】

本発明の特徴は、触媒と、上流側空燃比センサと、下流側空燃比センサと、指示に応じて燃料を噴射する燃料噴射手段（例えば、インジェクタ）とを備えた内燃機関に適用される内燃機関の空燃比制御装置が、前記内燃機関の運転状態（例えば、アクセル開度、エンジン回転速度等）に基づいて推定される筒内吸入空気量から目標空燃比を得るための燃料量を指令基本燃料噴射量として取得する指令基本燃料噴射量取得手段と、前記上流側空燃比センサの出力値と所定の目標値との差に基づく値を所定のハイパスフィルタ処理した後の値、又は、前記上流側空燃比センサの出力値を所定のハイパスフィルタ処理した後の値、に基づいてメインフィードバック補正量を算出するメインフィードバック補正量算出手段と、前記下流側空燃比センサの出力値と所定の目標値とに基づいてサブフィードバック補正量を算出するサブフィードバック補正量算出手段と、前記指令基本燃料

噴射量の燃料の噴射指示を受けたときに前記燃料噴射手段が実際に噴射する燃料量が前記機関に供給される混合気の実際の空燃比を前記目標空燃比とするために必要な量となるように、同指令基本燃料噴射量を補正する指令基本燃料噴射量補正手段と、前記補正された指令基本燃料噴射量を前記メインフィードバック補正量と前記サブフィードバック補正量とで補正することで指令最終燃料噴射量を算出する指令最終燃料噴射量算出手段と、前記指令最終燃料噴射量の燃料の噴射指示を前記燃料噴射手段に対して行うことで前記機関に供給される混合気の実際の空燃比をフィードバック制御する空燃比制御手段とを備えたことにある。

【0012】

ここにおいて、前記所定の上流側目標値、及び前記所定の下流側目標値は、共に前記目標空燃比に相当する値であることが好適であり、また、目標空燃比は、機関の暖機運転中等の特殊な場合を除いて理論空燃比に設定されることが好ましい。また、前記サブフィードバック補正量算出手段は、前記下流側空燃比センサの出力値と前記所定の下流側目標値との差に基づく値に基づいてサブフィードバック補正量を算出するように構成されることが好適である。

【0013】

ここで、「センサの出力値と目標値との差に基づく値」は、例えば、センサの出力値と目標値との差、センサの出力値に相当する検出空燃比（実空燃比）と目標値に相当する目標空燃比との差、筒内吸入空気量をセンサの出力値に相当する検出空燃比で除した値である実際の筒内燃料供給量と同筒内吸入空気量を目標値に相当する目標空燃比で除した値である目標筒内燃料供給量との差であって、これらに限定されない。

【0014】

これによれば、指令基本燃料噴射量の燃料の噴射指示を受けたときに燃料噴射手段が実際に噴射する燃料量が機関に供給される混合気の実際の空燃比を目標空燃比とするために必要な量となるように、同指令基本燃料噴射量が補正される。換言すれば、メインフィードバック補正量、及びサブフィードバック補正量の各値に影響されることなく上記基本燃料噴射量の誤差が直ちに補償され得る。

【0015】

そして、このように基本燃料噴射量の誤差が補償された後の値となっている上記補正された指令基本燃料噴射量に基づいて算出された指令最終燃料噴射量の燃料の噴射指示が上記燃料噴射手段に対して行われる。従って、例えば、上記基本燃料噴射量の誤差が急に増大するような場合においても、機関に供給される混合気の実際の空燃比を目標空燃比に向けて制御しつつ基本燃料噴射量の誤差が迅速に補償され得、この結果、基本燃料噴射量の誤差の増大によるエミッションの増大を抑制することができる。

【0016】

この場合、前記指令基本燃料噴射量補正手段は、前記上流側空燃比センサの出力値と、前記指令最終燃料噴射量と、前記目標空燃比と、前記指令基本燃料噴射量とに基づいて指令基本燃料噴射量補正用のパラメータ値を算出するとともに、同パラメータ値を用いて同指令基本燃料噴射量を補正するように構成されることが好適である。

【0017】

一般に、筒内（燃焼室内）に吸入される筒内吸入空気量が等しいという仮定のもと、燃料噴射量と、機関に供給される混合気の実際の空燃比（従って、排ガスの空燃比）の積は一定となる。従って、上記指令最終燃料噴射量と、上流側空燃比センサの出力値に相当する空燃比（以下、「検出空燃比」と云うこともある。）の積は、機関に供給される混合気の実際の空燃比を目標空燃比とするために必要な指令基本燃料噴射量（燃料噴射手段への噴射指令値。以下、「目標指令基本燃料噴射量」と云うこともある。）と、目標空燃比の積に等しい、という関係が成立する。

【0018】

従って、既知である指令最終燃料噴射量、検出空燃比、及び目標空燃比の各値と、上記関係とに基づいて上記目標指令基本燃料噴射量を算出することができる。上記目標指令基

本燃料噴射量が算出できれば、この目標指令基本燃料噴射量と、既知である指令基本燃料噴射量（即ち、指令基本燃料噴射量取得手段により取得された値そのもの）との比較結果に基づいて指令基本燃料噴射量補正用のパラメータ値（例えば、補正係数）を算出することができる。

【００１９】

このようにして算出され得る指令基本燃料噴射量補正用のパラメータ値は、指令基本燃料噴射量の燃料の噴射指示を受けたときに燃料噴射手段が実際に噴射する燃料量が機関に供給される混合気の実際の空燃比を目標空燃比とするために必要な量となるように指令基本燃料噴射量を補正するための値（即ち、指令基本燃料噴射量を上記目標指令基本燃料噴射量に一致させるための値）となる。従って、上記構成のように、係る指令基本燃料噴射量補正用のパラメータ値を用いて指令基本燃料噴射量を補正するように構成すれば、簡易な計算で、且つ精度良く、指令基本燃料噴射量を目標指令基本燃料噴射量に一致するように補正することができ、この結果、機関に供給される混合気の実際の空燃比を目標空燃比に向けて制御しつつ基本燃料噴射量の誤差を迅速、且つ精度良く補償することができる。

【００２０】

」

上記指令基本燃料噴射量補正用のパラメータ値を用いて指令基本燃料噴射量が補正される場合、前記指令基本燃料噴射量補正手段により算出される前記指令基本燃料噴射量補正用のパラメータ値には所定のローパスフィルタ処理がなされていることが好ましい。機関が過渡運転状態にある場合、排ガスの空燃比、前記指令基本燃料噴射量取得手段により取得される指令基本燃料噴射量、及び前記指令最終燃料噴射量算出手段により算出される指令最終燃料噴射量が別個独立に所定の周波数以上の高周波数で大きく変動し得る。

【００２１】

このような場合、上記関係が維持され得なくなるとして上記指令基本燃料噴射量補正用のパラメータ値が、指令基本燃料噴射量を目標指令基本燃料噴射量に一致させるための値と異なる値として算出される可能性がある。これに対し、上記のように、指令基本燃料噴射量補正用のパラメータ値に所定のローパスフィルタ処理を施すことにより、上記高周波数の変動による影響がカットされ得、この結果、機関が過渡運転状態にある場合において、指令基本燃料噴射量補正用のパラメータ値が、指令基本燃料噴射量を目標指令基本燃料噴射量に一致させるための値としてより一層精度良く算出され得る。

【００２２】

また、上記本発明に係る空燃比制御装置においては、上記指令基本燃料噴射量補正用のパラメータ値を用いて指令基本燃料噴射量が補正される場合、燃料の噴射指示から、同噴射指示により噴射された燃料の燃焼に基づく排ガスの空燃比が前記上流側空燃比センサの出力値として現れるまでの遅れ時間を取得する遅れ時間取得手段を更に備え、前記指令基本燃料噴射量補正手段は、前記指令基本燃料噴射量補正用のパラメータ値を算出する際、少なくとも前記指令最終燃料噴射量として前記遅れ時間だけ前の時点での噴射指示に係わる値を使用するように構成されることが好適である。

【００２３】

一般に、燃料の噴射（噴射指示）は、吸気行程中（或いは吸気行程よりも前の時点）にて実行され、噴射された燃料は、その後到来する圧縮上死点近傍の時点で燃焼室内にて着火（燃焼）せしめられる。この結果、発生する排ガスは、排気弁を介して燃焼室から排気通路へと排出され、その後、排気通路内を移動していくことで上流側空燃比センサ（の検出部）に到達する。更に、上流側空燃比センサの検出部に到達した排ガスの空燃比の変化が同センサの出力値の変化として現れるまでには所定の時間を要する。

【００２４】

以上のことから、燃料の噴射指示から、同噴射指示により噴射された燃料の燃焼に基づく排ガスの空燃比が前記上流側空燃比センサの出力値として現れるまでには、燃焼行程に係わる遅れ（行程遅れ）、排気通路内での排ガスの移動に係わる遅れ（輸送遅れ）、及び上流側空燃比センサの応答に係わる遅れ（応答遅れ）による遅れ時間が必要である。換言

すれば、上流側空燃比センサの出力値は、上記遅れ時間前に実行された燃料の噴射指示に基づいて発生した排ガスの空燃比を表す値となる。

【００２５】

一方、上述した行程遅れ、及び輸送遅れに係る時間は、例えば、噴射時期、点火時期、機関の諸元、エンジン回転速度、筒内吸入空気量、排気通路の断面積等に基づいて取得することができる。また、応答遅れに係る時間は、上流側空燃比センサの応答特性を予め実験等を通して取得しておくことにより取得することができる。従って、上記遅れ時間取得手段は、上記行程遅れ、輸送遅れ、及び応答遅れによる上記遅れ時間を取得することができる。

【００２６】

以上のことから、上記のように、指令基本燃料噴射量補正用のパラメータ値を算出する際、（上流側空燃比センサの出力値として現時点での値を使用するとともに、）少なくとも指令最終燃料噴射量として前記遅れ時間だけ前の時点での噴射指示に係わる値を使用するように構成すれば、現時点での上流側空燃比センサの出力値が表す空燃比を有する排ガスの発生に係わる燃料噴射指示がなされた時点と、指令基本燃料噴射量補正用のパラメータ値の算出に使用される指令最終燃料噴射量に基づく燃料噴射指示の時点とが一致し得る。従って、上記パラメータ値が、指令基本燃料噴射量を目標指令基本燃料噴射量に一致させるための値としてより一層精度良く算出され得る。

【００２７】

この場合、前記遅れ時間取得手段は、前記内燃機関の運転状態に応じて前記遅れ時間を変更するように構成されることが好適である。上述したように、上記行程遅れ、及び輸送遅れに係る時間は、例えば、エンジン回転速度、筒内吸入空気量等、機関の運転状態に応じて変化する。従って、上記構成により、内燃機関の運転状態にかかわらず上記遅れ時間を正確に取得することができるから、現時点での上流側空燃比センサの出力値が表す空燃比を有する排ガスの発生に係わる燃料噴射指示がなされた時点と、指令基本燃料噴射量補正用のパラメータ値の算出に使用される指令最終燃料噴射量、及び指令基本燃料噴射量に基づく燃料噴射指示の時点とがより精度良く一致する。この結果、上記パラメータ値が、指令基本燃料噴射量を目標指令基本燃料噴射量に一致させるための値としてより一層精度良く算出され得る。

【００２８】

また、上記本発明に係る空燃比制御装置においては、上記指令基本燃料噴射量補正用のパラメータ値を用いて指令基本燃料噴射量が補正される場合、前記指令基本燃料噴射量補正手段により算出された前記指令基本燃料噴射量補正用のパラメータ値を記憶する記憶手段を更に備えることが好適である。

【００２９】

一般に、機関の暖機運転中であって上流側空燃比センサが十分に活性化されていない場合、上流側空燃比センサが故障している場合等（以下、「上流側空燃比センサの出力値が正常な値とならない場合」と総称する。）においては、同上流側空燃比センサの出力値は排ガスの空燃比を精度良く表す値とならない。このような場合、上流側空燃比センサの出力値を用いて計算される指令基本燃料噴射量補正用のパラメータ値も正確に計算され得ない。従って、このような場合において計算される上記パラメータ値は指令基本燃料噴射量の補正に使用されるべきでない。

【００３０】

他方、基本燃料噴射量の誤差量は或る程度の期間内においては大きく変化することはないと考えることができる。以上のことから、上記のように、指令基本燃料噴射量補正用のパラメータ値を記憶する記憶手段を更に備えるように構成すれば、例えば、上流側空燃比センサの出力値が正常な値となる場合における同出力値を使用して計算された指令基本燃料噴射量補正用のパラメータ値を逐次、記憶手段に記憶・更新していくことができる。

【００３１】

そうすると、上流側空燃比センサの出力値が正常な値とならない場合であっても、上記

記憶手段により予め記憶されている上記パラメータ値を使用して指令基本燃料噴射量の補正を実行することにより、同指令基本燃料噴射量を或る程度正確に目標指令基本燃料噴射量に一致させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００３２】

以下、本発明による内燃機関の空燃比制御装置の各実施形態について図面を参照しつつ説明する。

【００３３】

（第１実施形態）

図１は、第１実施形態による空燃比制御装置を火花点火式多気筒（４気筒）内燃機関１０に適用したシステムの概略構成を示している。この内燃機関１０は、シリンダブロック、シリンダブロックローケース、及びオイルパン等を含むシリンダブロック部２０と、シリンダブロック部２０の上に固定されるシリンダヘッド部３０と、シリンダブロック部２０にガソリン混合気を供給するための吸気系統４０と、シリンダブロック部２０からの排気ガスを外部に放出するための排気系統５０とを含んでいる。

【００３４】

シリンダブロック部２０は、シリンダ２１、ピストン２２、コンロッド２３、及びクランク軸２４を含んでいる。ピストン２２はシリンダ２１内を往復動し、ピストン２２の往復動がコンロッド２３を介してクランク軸２４に伝達され、これにより同クランク軸２４が回転するようになっている。シリンダ２１とピストン２２のヘッドは、シリンダヘッド部３０とともに燃焼室２５を形成している。

【００３５】

シリンダヘッド部３０は、燃焼室２５に連通した吸気ポート３１、吸気ポート３１を開閉する吸気弁３２、吸気弁３２を駆動するインテークカムシャフトを含むとともに同インテークカムシャフトの位相角を連続的に変更する可変吸気タイミング装置３３、可変吸気タイミング装置３３のアクチュエータ３３ａ、燃焼室２５に連通した排気ポート３４、排気ポート３４を開閉する排気弁３５、排気弁３５を駆動するエキゾーストカムシャフト３６、点火プラグ３７、点火プラグ３７に与える高電圧を発生するイグニッションコイルを含むイグナイタ３８、及び燃料を吸気ポート３１内に噴射するインジェクタ（燃料噴射手段）３９を備えている。

【００３６】

吸気系統４０は、吸気ポート３１に連通し同吸気ポート３１とともに吸気通路を形成するインテークマニホールドを含む吸気管４１、吸気管４１の端部に設けられたエアフィルタ４２、吸気管４１内において吸気通路の開口断面積を可変とするスロットル弁４３、スロットル弁駆動手段を構成するＤＣモータからなるスロットル弁アクチュエータ４３ａ、スワールコントロールバルブ（以下、「ＳＣＶ」と称呼する。）４４、及びＤＣモータからなるＳＣＶアクチュエータ４４ａを備えている。

【００３７】

排気系統５０は、排気ポート３４に連通したエキゾーストマニホールド５１、エキゾーストマニホールド５１（実際には、各排気ポート３４に連通した各々のエキゾーストマニホールド５１が集合した集合部）に接続されたエキゾーストパイプ（排気管）５２、エキゾーストパイプ５２に配設（介装）された上流側の三元触媒５３（上流側触媒コンバータ、又はスタート・キャタリティック・コンバータとも云うが、以下「第１触媒５３」と称呼する。）、及びこの第１触媒５３の下流のエキゾーストパイプ５２に配設（介装）された下流側の三元触媒５４（車両のフロア下方に配設されるため、アング・フロア・キャタリティック・コンバータとも云うが、以下「第２触媒５４」と称呼する。）を備えている。排気ポート３４、エキゾーストマニホールド５１、及びエキゾーストパイプ５２は、排気通路を構成している。

【００３８】

一方、このシステムは、熱線式エアフローメータ６１、スロットルポジションセンサ６

2、カムポジションセンサ63、クランクポジションセンサ64、水温センサ65、第1触媒53の上流の排気通路（本例では、上記各々のエキゾーストマニホールド51が集合した集合部）に配設された空燃比センサ66（以下、「上流側空燃比センサ66」と称呼する。）、第1触媒53の下流であって第2触媒54の上流の排気通路に配設された空燃比センサ67（以下、「下流側空燃比センサ67」と称呼する。）、及びアクセル開度センサ68を備えている。

【0039】

熱線式エアフローメータ61は、吸気管41内を流れる吸入空気の単位時間あたりの質量流量に応じた電圧 V_g を出力するようになっている。かかるエアフローメータ61の出力 V_g と、計測された吸入空気量（流量） G_a との関係は、図2に示したとおりである。スロットルポジションセンサ62は、スロットル弁43の開度を検出し、スロットル弁開度TAを表す信号を出力するようになっている。カムポジションセンサ63は、インテークカムシャフトが 90° 回転する毎に（即ち、クランク軸24が 180° 回転する毎に）一つのパルスを有する信号（G2信号）を発生するようになっている。クランクポジションセンサ64は、クランク軸24が 10° 回転する毎に幅狭のパルスを有するとともに同クランク軸24が 360° 回転する毎に幅広のパルスを有する信号を出力するようになっている。この信号は、エンジン回転速度NEを表す。水温センサ65は、内燃機関10の冷却水の温度を検出し、冷却水温THWを表す信号を出力するようになっている。

【0040】

上流側空燃比センサ66は、限界電流式の酸素濃度センサであり、図3に示したように、空燃比 A/F に応じた電流を出力し、この電流に応じた電圧である出力値 v_{abyfs} を出力するようになっている。特に、空燃比が理論空燃比であるときには出力値 v_{abyfs} は上流側目標値 v_{stoich} になる。図3から明らかなように、上流側空燃比センサ66によれば、広範囲にわたる空燃比 A/F を精度良く検出することができる。

【0041】

下流側空燃比センサ67は、起電力式（濃淡電池式）の酸素濃度センサであり、図4に示したように、理論空燃比近傍において急変する電圧である出力値 V_{oxs} を出力するようになっている。より具体的に述べると、下流側空燃比センサ67は、空燃比が理論空燃比よりもリーンのときは略0.1（V）、空燃比が理論空燃比よりもリッチのときは略0.9（V）、及び空燃比が理論空燃比のときは0.5（V）の電圧を出力するようになっている。アクセル開度センサ68は、運転者によって操作されるアクセルペダル81の操作量を検出し、同アクセルペダル81の操作量 $Accp$ を表す信号を出力するようになっている。

【0042】

電気制御装置70は、互いにバスで接続されたCPU71、CPU71が実行するルーチン（プログラム）、テーブル（ルックアップテーブル、マップ）、及び定数等を予め記憶したROM72、CPU71が必要に応じてデータを一時的に格納するRAM73、電源が投入された状態でデータを格納するとともに同格納したデータを電源が遮断されている間も保持するバックアップRAM74、並びにADコンバータを含むインターフェース75等からなるマイクロコンピュータである。インターフェース75は、前記センサ61～68と接続され、CPU71にセンサ61～68からの信号を供給するとともに、同CPU71の指示に応じて可変吸気タイミング装置33のアクチュエータ33a、イグナイタ38、インジェクタ39、スロットル弁アクチュエータ43a、及びSCVアクチュエータ44aに駆動信号を送出するようになっている。

【0043】

（空燃比フィードバック制御の概要）

次に、上記のように構成された空燃比制御装置が行う機関の空燃比のフィードバック制御の概要について説明する。

【0044】

第1触媒53（第2触媒54も同様である。）は、同第1触媒53に流入するガスの空燃比が理論空燃比であるときに、HC、COを酸化するとともにNO_xを還元し、これら

の有害成分を高い効率で浄化する。また、第1触媒53は、酸素を吸蔵・放出する機能（酸素吸蔵機能、酸素吸蔵・放出機能）を有し、この酸素吸蔵・放出機能により、空燃比が理論空燃比からある程度まで偏移したとしても、HC、CO、及びNO_xを浄化することができる。即ち、機関に供給される混合気空燃比（以下、「機関の空燃比」と云うこともある。）の空燃比がリーンとなって第1触媒53に流入するガスにNO_xが多量に含まれると、第1触媒53はNO_xから酸素分子を奪って同酸素分子を吸蔵するとともに同NO_xを還元し、これによりNO_xを浄化する。また、機関の空燃比がリッチになって第1触媒53に流入するガスにHC、COが多量に含まれると、三元触媒はこれらに吸蔵している酸素分子を与えて（放出して）酸化し、これによりHC、COを浄化する。

【0045】

従って、第1触媒53が連続的に流入する多量のHC、COを効率的に浄化するためには、同第1触媒53が酸素を多量に貯蔵していなければならず、逆に連続的に流入する多量のNO_xを効率的に浄化するためには、同第1触媒53が酸素を十分に貯蔵し得る状態になければならないことになる。以上のことから、第1触媒53の浄化能力は、同第1触媒53が貯蔵し得る最大の酸素量（最大酸素吸蔵量）に依存する。

【0046】

一方、第1触媒53のような三元触媒は燃料中に含まれる鉛や硫黄等による被毒、或いは触媒に加わる熱により劣化し、これに伴い最大酸素吸蔵量が次第に低下してくる。このように最大酸素吸蔵量が低下した場合であっても、エミッションの排出量を継続的に抑制するには、第1触媒53から排出されるガスの空燃比（従って、第1触媒53に流入するガスの平均空燃比）が、理論空燃比に極めて近い状態となるように制御する必要がある。

【0047】

そこで、本実施形態の空燃比制御装置は、下流側空燃比センサ67の出力値が下流側目標空燃比としての理論空燃比に対応する下流側目標値 V_{OXSref} （0.5（V））となるように、下流側空燃比センサ67の出力値 V_{OXS} （即ち、第1触媒下流の空燃比）に応じて機関の空燃比を制御する。

【0048】

より具体的に述べると、この空燃比制御装置（以下、「本装置」と云うこともある。）は、機能ブロック図である図5に示したように、（A1～A17の各手段等の一部である）A1～A9の各手段等を含んで構成されている。以下、図5を参照しながら各手段について説明していく。

【0049】

＜補正後指令基本燃料噴射量の算出＞

先ず、筒内吸入空気量算出手段A1は、エアフローメータ61が計測している吸入空気流量 G_a と、クランクポジションセンサ64の出力に基づいて得られるエンジン回転速度 NE と、ROM72が記憶しているテーブルMAP M_c とに基づき今回の吸気行程を迎える気筒の吸入空気量である筒内吸入空気量 $M_c(k)$ を求める。ここで、添え字の (k) は、今回の吸気行程に対する値であることを示している（以下、他の物理量についても同様。）。筒内吸入空気量 M_c は、各気筒の吸気行程に対応されながらRAM73に記憶されていく。

【0050】

上流側目標空燃比設定手段A2は、内燃機関10の運転状態であるエンジン回転速度 NE 、及びスロットル弁開度 TA 等に基づいて所定の上流側目標値に相当する上流側目標空燃比 $abyfr(k)$ を決定する。この上流側目標空燃比 $abyfr(k)$ は、例えば、内燃機関10の暖機終了後においては、特殊な場合を除き理論空燃比に設定されている。また、上流側目標空燃比 $abyfr$ は、各気筒の吸気行程に対応されながらRAM73に記憶されていく。

【0051】

補正前指令基本燃料噴射量算出手段A3は、筒内吸入空気量算出手段A1により求められた筒内吸入空気量 $M_c(k)$ を上流側目標空燃比設定手段A2により設定された上流側目標空燃比 $abyfr(k)$ で除することにより、機関の空燃比を同上流側目標空燃比 $abyfr(k)$ とするための今回の吸気行程に対する目標筒内燃料供給量 $F_{cr}(k)$ （即ち、今回の補正前指令基本

燃料噴射量 $F_{baseb}(k)$ を求める。目標筒内燃料供給量 F_{cr} 、及び補正前指令基本燃料噴射量 F_{baseb} は、各気筒の吸気行程に対応されながらRAM73に記憶されていく。

【0052】

補正後指令基本燃料噴射量算出手段A4は、補正前指令基本燃料噴射量算出手段A3により求められた今回の補正前指令基本燃料噴射量 $F_{baseb}(k)$ に後述する基本燃料噴射量補正係数設定手段A17により求められている基本燃料噴射量補正係数 K_F を乗じることで補正後指令基本燃料噴射量 F_{base} を求める。基本燃料噴射量補正係数設定手段A17については後に詳述する。

【0053】

このように、本装置は、筒内吸入空気量算出手段A1、上流側目標空燃比設定手段A2、補正前指令基本燃料噴射量算出手段A3、補正後指令基本燃料噴射量算出手段A4、及び基本燃料噴射量補正係数設定手段A17を利用して、補正後指令基本燃料噴射量 F_{base} を求める。この補正後指令基本燃料噴射量 F_{base} は、後述するように、機関に供給される混合気の実際の空燃比を今回の目標空燃比 $a_{byfr}(k)$ とするためにインジェクタ39に指示すべき指令燃料噴射量である。

【0054】

〈指令最終燃料噴射量の算出〉

指令最終燃料噴射量算出手段A5は、上記補正後指令基本燃料噴射量 $F_{base}(k)$ に後述するメインフィードバック補正量 DF_{imain} 、及びサブフィードバック補正量 DF_{isub} を加えることで、下記(1)式に基づいて今回の指令最終燃料噴射量 $F_i(k)$ を求める。指令最終燃料噴射量 F_{base} は、各気筒の吸気行程に対応されながらRAM73に記憶されていく。

【0055】

$$F_i(k) = F_{base}(k) + DF_{imain} + DF_{isub} \quad \dots (1)$$

【0056】

本装置は、このようにして、指令最終燃料噴射量算出手段A5により、補正後指令基本燃料噴射量 $F_{base}(k)$ をメインフィードバック補正量 DF_{imain} とサブフィードバック補正量 DF_{isub} とに基づいて補正することにより得られる指令最終燃料噴射量 $F_i(k)$ の燃料の噴射指示を今回の吸気行程を迎える気筒についてのインジェクタ39に対して行う。この結果、係るインジェクタ39から実際に噴射される燃料量には、上述した「基本燃料噴射量の誤差」が含まれている。

【0057】

〈サブフィードバック補正量の算出〉

先ず、下流側目標値設定手段A6は、上述した上流側目標空燃比設定手段A2と同様、内燃機関10の運転状態であるエンジン回転速度 NE 、及びスロットル弁開度 TA 等に基づいて下流側目標空燃比に対応する下流側目標値（所定の下流側目標値） V_{oxsref} を決定する。この下流側目標値 V_{oxsref} は、例えば、内燃機関10の暖機終了後においては、特殊な場合を除き理論空燃比に対応する値である0.5（V）に設定されている（図4を参照）。また、本例では、下流側目標値 V_{oxsref} は、同下流側目標値 V_{oxsref} に対応する下流側目標空燃比が上述した上流側目標空燃比 $a_{byfr}(k)$ と常時一致するように設定される。

【0058】

出力偏差量算出手段A7は、下記(2)式に基づいて、下流側目標値設定手段A6により設定されている現時点（具体的には、今回の $F_i(k)$ の噴射指示開始時点）での下流側目標値 V_{oxsref} から同現時点での下流側空燃比センサ67の出力値 V_{oxs} を減じることで、出力偏差量 DV_{oxs} を求める。

【0059】

$$DV_{oxs} = V_{oxsref} - V_{oxs} \quad \dots (2)$$

【0060】

ローパスフィルタA8は、その特性をラプラス演算子 s を用いて表した下記(3)式に示すように、一次のフィルタである。下記(3)式において、 τ_l は時定数である。ローパスフィルタA8は、周波数（ $1/\tau_l$ ）以上の高周波数成分が通過することを実質的に禁止する

。ローパスフィルタA 8は、前記出力偏差量算出手段A 7により求められた前記出力偏差量DV_{oxs}の値を入力するとともに、下記(3)式に従って同出力偏差量DV_{oxs}の値をローパスフィルタ処理した後の値であるローパスフィルタ通過後出力偏差量DV_{oxslow}を出力する。

【0061】

$$1 / (1 + \tau_1 \cdot s) \quad \dots (3)$$

【0062】

P I DコントローラA 9は、ローパスフィルタA 8の出力値であるローパスフィルタ通過後出力偏差量DV_{oxslow}を比例・積分・微分処理（P I D処理）することで、下記(4)式に基づいてサブフィードバック補正量DF_{isub}を求める。

【0063】

$$DF_{isub} = K_p \cdot DV_{oxslow} + K_i \cdot SDV_{oxslow} + K_d \cdot DDV_{oxslow} \quad \dots (4)$$

【0064】

上記(4)式において、K_pは予め設定された比例ゲイン（比例定数）、K_iは予め設定された積分ゲイン（積分定数）、K_dは予め設定された微分ゲイン（微分定数）である。また、SDV_{oxslow}はローパスフィルタ通過後出力偏差量DV_{oxslow}の時間積分値であり、DDV_{oxslow}はローパスフィルタ通過後出力偏差量DV_{oxslow}の時間微分値である。

【0065】

このようにして、本装置は、下流側目標値V_{oxsref}と下流側空燃比センサ6 7の出力値V_{oxs}との偏差である出力偏差量DV_{oxs}（実際には、ローパスフィルタ通過後出力偏差量DV_{oxslow}）に基づいて、サブフィードバック補正量DF_{isub}を求め、上記補正後指令基本燃料噴射量F_{base}(k)に同サブフィードバック補正量DF_{isub}を加えることで、後述するメインフィードバック制御による(前記メインフィードバック補正量DF_{imain}による)補正後指令基本燃料噴射量F_{base}(k)の補正とは独立に同補正後指令基本燃料噴射量F_{base}(k)を補正する。

【0066】

例えば、機関の平均的な空燃比がリーンであるために下流側空燃比センサ6 7の出力値V_{oxs}が理論空燃比よりもリーンである空燃比に対応した値を示すと、出力偏差量算出手段A 7により求められる出力偏差量DV_{oxs}が正の値となるので（図4を参照。）、P I DコントローラA 9にて求められるサブフィードバック補正量DF_{isub}は正の値となる。これにより、指令最終燃料噴射量算出手段A 5にて求められる指令最終燃料噴射量F_i(k)は補正後指令基本燃料噴射量F_{base}(k)よりも大きくなって、機関の空燃比がリッチとなるように制御される。

【0067】

反対に、機関の平均的な空燃比がリッチであるために下流側空燃比センサ6 7の出力値V_{oxs}が理論空燃比よりもリッチである空燃比に対応した値を示すと、出力偏差量算出手段A 7により求められる出力偏差量DV_{oxs}が負の値となるので、P I DコントローラA 9にて求められるサブフィードバック補正量DF_{isub}は負の値となる。これにより、指令最終燃料噴射量算出手段A 5にて求められる指令最終燃料噴射量F_i(k)は補正後指令基本燃料噴射量F_{base}(k)よりも小さくなって、機関の空燃比がリーンとなるように制御される。

【0068】

また、P I DコントローラA 9は積分項K_i・SDV_{oxslow}を含んでいるので、定常状態では出力偏差量DV_{oxs}がゼロになることが保証される。換言すれば、下流側目標値V_{oxsref}と下流側空燃比センサ6 7の出力値V_{oxs}との定常偏差がゼロになる。また、定常状態では、出力偏差量DV_{oxs}がゼロになることで比例項K_p・DV_{oxslow}、微分項K_d・DDV_{oxslow}が共にゼロとなるから、サブフィードバック補正量DF_iは積分項K_i・SDV_{oxslow}の値と等しくなる。この値は、下流側空燃比センサ6 7の出力値V_{oxs}と下流側目標値V_{oxsref}との偏差の時間積分値に基づく値である。

【0069】

P I DコントローラA 9においてかかる積分処理が実行されることにより、上述した基本燃料噴射量の誤差が補償され得、且つ、定常状態において第1触媒5 3の下流の空燃比（従って、機関の空燃比）が前記下流側目標値V_{oxsref}に対応する下流側目標空燃比（即

ち、理論空燃比)に収束し得る。以上、下流側目標値設定手段A 6、出力偏差量算出手段A 7、ローパスフィルタA 8、及びP I DコントローラA 9がサブフィードバック補正量算出手段に相当する。

【0070】

〈メインフィードバック制御〉

先に説明したように、第1触媒53は上記酸素吸蔵機能を有している。従って、第1触媒53の上流の排ガスの空燃比の変動における比較的周波数の高い(例えば、前記周波数($1/\tau_1$)以上の)高周波数成分、及び比較的周波数が低くて(例えば、前記周波数($1/\tau_1$)以下であって)振幅(理論空燃比からの偏移量)が比較的小さい低周波数成分は第1触媒53が有する酸素吸蔵機能により完全に吸収されることにより第1触媒53の下流の排ガスの空燃比の変動として現れることはない。従って、例えば、内燃機関10が過渡運転状態にあって排ガスの空燃比が前記周波数($1/\tau_1$)以上の高周波数で大きく変動するような場合、同空燃比の変動が下流側空燃比センサ67の出力値 V_{OXS} に現れないから、同周波数($1/\tau_1$)以上の空燃比の変動に対する空燃比制御(即ち、過渡運転状態における空燃比の急変に対する補償)はサブフィードバック制御により実行することができない。従って、過渡運転状態における空燃比の急変に対する補償を確実に行うためには、上流側空燃比センサ66の出力値 v_{abyfs} に基づいた空燃比制御であるメインフィードバック制御を行う必要がある。

【0071】

一方、第1触媒53の上流の排ガスの空燃比の変動における比較的周波数が低くて(例えば、前記周波数($1/\tau_1$)以下であって)振幅が比較的大きい低周波数成分は第1触媒53の酸素吸蔵機能では完全には吸収されず、少し遅れて第1触媒53の下流の排ガスの空燃比の変動として現れる。この結果、上流側空燃比センサ66の出力値 v_{abyfs} と下流側空燃比センサ67の出力値 V_{OXS} とが理論空燃比に対して互いに逆方向に偏移した空燃比を示す値となる場合が存在する。従って、この場合、メインフィードバック制御(後述するメインフィードバック補正量 DF_{main})に基づく機関の空燃比制御とサブフィードバック制御(従って、前記サブフィードバック補正量 DF_{sub})に基づく機関の空燃比制御とを同時に行うと、2つの空燃比制御が互いに干渉することになるので良好な機関の空燃比制御を行うことができない。

【0072】

以上のことから、上流側空燃比センサ66の出力値 v_{abyfs} の変動における各周波数成分のうち第1触媒53の下流の空燃比の変動として現れ得る程度の周波数成分である所定の周波数(本例では、周波数($1/\tau_1$))以下の低周波数成分をカットした後の同上流側空燃比センサ66の出力値 v_{abyfs} をメインフィードバック制御に使用すれば、前記機関の空燃比制御の干渉が発生することを回避することができるとともに、過渡運転状態における空燃比の急変に対する補償を確実に行うことができる。

【0073】

そこで、本装置は、前述の図5に示したように、A10～A16の各手段等を含んで構成されている。以下、図5を参照しながら各手段について説明していく。

【0074】

〈メインフィードバック補正量の算出〉

まず、テーブル変換手段A10は、上流側空燃比センサ66の出力値 v_{abyfs} と、先に説明した図3に示した上流側空燃比センサ出力値 v_{abyfs} と空燃比 A/F との関係を規定したテーブルとに基づいて、上流側空燃比センサ66が検出する現時点(具体的には、今回の $Fi(k)$ の噴射指示開始時点)における今回の検出空燃比 $abyfs(k)$ を求める。

【0075】

筒内吸入空気量遅延手段A11は、筒内吸入空気量算出手段A1により吸気行程毎に求められRAM73に記憶されている筒内吸入空気量 Mc のうち、現時点からNストローク(N回の吸気行程)前に吸気行程を迎えた気筒の筒内吸入空気量 Mc をRAM73から読み出し、これを筒内吸入空気量 $Mc(k-N)$ として設定する。

【0076】

筒内燃料供給量算出手段A12は、筒内吸入空気量遅延手段A11により求められた現時点からNストローク前の筒内吸入空気量 $Mc(k-N)$ をテーブル変換手段A10により求められた今回の検出空燃比 $abyfs(k)$ で除することで、現時点からNストローク前の実際の筒内燃料供給量 $Fc(k-N)$ を求める。ここで、前記値Nは、内燃機関10の排気量、及び燃料室25から上流側空燃比センサ66までの距離等により異なる値である。

【0077】

このように、現時点からNストローク前の実際の筒内燃料供給量 $Fc(k-N)$ を求めるために、現時点からNストローク前の筒内吸入吸気量 $Mc(k-N)$ を現時点における今回の検出空燃比 $abyfs(k)$ で除するのは、燃焼室25内で燃料された混合気が上流側空燃比センサ66に到達するまでには、Nストロークに相当する時間L1を要しているからである。

【0078】

目標筒内燃料供給量遅延手段A13は、補正前指令基本燃料噴射量算出手段A3により吸気行程毎に求められRAM73に記憶されている目標筒内燃料供給量 Fcr のうち、現時点からNストローク前の目標筒内燃料供給量 Fcr をRAM73から読み出し、これを目標筒内燃料供給量 $Fcr(k-N)$ として設定する。

【0079】

筒内燃料供給量偏差算出手段A14は、下記(5)式に基づいて、目標筒内燃料供給量遅延手段A13により設定された現時点からNストローク前の目標筒内燃料供給量 $Fcr(k-N)$ から筒内燃料供給量算出手段A12により求められた現時点からNストローク前の実際の筒内燃料供給量 $Fc(k-N)$ を減じることにより、筒内燃料供給量偏差 DFc を求める。この筒内燃料供給量偏差 DFc は、Nストローク前の時点で筒内に供給された燃料の過不足分を表す量であって、上流側空燃比センサ66の出力値 $vabyfs$ と上流側目標値（上流側目標空燃比 $abyfr$ が理論空燃比のときは図3に示す $vstoich$ ）との偏差に基づく値である。

【0080】

$$DFc = Fcr(k-N) - Fc(k-N) \quad \dots (5)$$

【0081】

ハイパスフィルタA15は、その特性をラプラス演算子 s を用いて表した下記(6)式に示すように、一次のフィルタである。下記(6)式において、 τl は上記ローパスフィルタA8の時定数 τl と同一の時定数である。ハイパスフィルタA15は、周波数（ $1/\tau l$ ）以下の低周波数成分が通過することを実質的に禁止する。

【0082】

$$1 - 1 / (1 + \tau l \cdot s) \quad \dots (6)$$

【0083】

ハイパスフィルタA15は、前記筒内燃料供給量偏差算出手段A14により求められた前記筒内燃料供給量偏差 DFc の値を入力するとともに、上記(6)式に従って同筒内燃料供給量偏差 DFc の値をハイパスフィルタ処理した後の値であるハイパスフィルタ通過後筒内燃料供給量偏差 $DFchi$ を出力する。従って、ハイパスフィルタ通過後筒内燃料供給量偏差 $DFchi$ は、上流側空燃比センサ66の出力値 $vabyfs$ と上流側目標値との偏差に基づく値をハイパスフィルタ処理した後の値である。

【0084】

PIコントローラA16は、ハイパスフィルタA15の出力値であるハイパスフィルタ通過後筒内燃料供給量偏差 $DFchi$ を比例・積分処理（PI処理）することで、下記(7)式に基づいてNストローク前の燃料供給量の過不足（における周波数（ $1/\tau l$ ）以上の高周波数成分のみの過不足）を補償するためのメインフィードバック補正量 $DFimain$ を求める。

【0085】

$$DFimain = (Gphi \cdot DFchi + Gihi \cdot SDFchi) \cdot KFB \quad \dots (7)$$

【0086】

上記(7)式において、 $Gphi$ は予め設定された比例ゲイン（比例定数）、 $Gihi$ は予め設定

された積分ゲイン（積分定数）である。SDFchiはハイパスフィルタ通過後筒内燃料供給量偏差DFchiの時間積分値である。また、係数KFBは、エンジン回転速度NE、及び筒内吸入空気量Mc等により可変とすることが好適であるが、本例では「1」としている。係るメインフィードバック補正量DFimainは、先に述べたように指令最終燃料噴射量算出手段A5により指令最終燃料噴射量Fi(k)を求める際に使用される。

【0087】

このようにして、本装置は、メインフィードバック制御回路とサブフィードバック制御回路とを内燃機関10に対して並列に接続している。そして、本装置は、上流側目標空燃比abyfrに対応する上流側目標値と上流側空燃比センサ66の出力値vabyfsとの偏差に基づく値をハイパスフィルタ処理した後の値であるハイパスフィルタ通過後筒内燃料供給量偏差DFchiに基づいて、メインフィードバック補正量DFimainを求め、上記補正後指令基本燃料噴射量Fbaseに同メインフィードバック補正量DFimainを加えることで、上述したサブフィードバック制御による(サブフィードバック補正量DFisubによる)補正後指令基本燃料噴射量Fbaseの補正とは独立に同補正後指令基本燃料噴射量Fbaseを補正する。

【0088】

例えば、機関の空燃比が急変してリーンとなると、テーブル変換手段A10にて求められる今回の検出空燃比abyfs(k)は上流側目標空燃比設定手段A2により設定されている現時点からNストローク前の上流側目標空燃比abyfr(k-N)よりもリーンな値(より大きな値)として求められる。このため、筒内燃料供給量算出手段A12にて求められる実際の筒内燃料供給量Fc(k-N)は目標筒内燃料供給量遅延手段A13にて求められる目標筒内燃料供給量Fcr(k-N)よりも小さい値となり、筒内燃料供給量偏差DFcは大きい正の値として求められる。また、機関の空燃比の急変によりこの筒内燃料供給量偏差DFcを示す信号には前記周波数(1/τ1)以上の高周波数成分が存在するから、ハイパスフィルタA15を通過した後のハイパスフィルタ通過後筒内燃料供給量偏差DFchiも大きい正の値となる。従って、メインフィードバック補正量DFimainが大きい正の値となる。これにより、指令最終燃料噴射量算出手段A5にて求められる指令最終燃料噴射量Fi(k)は、補正後指令基本燃料噴射量Fbaseよりも大きくなって、機関の空燃比がリッチとなるように制御される。

【0089】

反対に、機関の空燃比が急変してリッチとなると、今回の検出空燃比abyfs(k)は現時点からNストローク前の上流側目標空燃比abyfr(k-N)よりもリッチな値(より小さな値)として求められる。このため、実際の筒内燃料供給量Fc(k-N)は目標筒内燃料供給量Fcr(k-N)よりも大きい値となり、筒内燃料供給量偏差DFcは負の値として求められる。また、機関の空燃比の急変によりこの筒内燃料供給量偏差DFcを示す信号には前記周波数(1/τ1)以上の高周波数成分が存在するから、ハイパスフィルタ通過後筒内燃料供給量偏差DFchiも負の値となる。従って、メインフィードバック補正量DFimainが負の値となる。これにより、指令最終燃料噴射量Fi(k)は、補正後指令基本燃料噴射量Fbaseよりも小さくなって、機関の空燃比がリーンとなるように制御される。以上、指令最終燃料噴射量算出手段A5、テーブル変換手段A10、筒内吸入空気量遅延手段A11、筒内燃料供給量算出手段A12、目標筒内燃料供給量遅延手段A13、筒内燃料供給量偏差算出手段A14、ハイパスフィルタA15、及びPIコントローラA16はメインフィードバック制御手段の一部に相当する。

【0090】

このようにして、第1触媒53の下流の空燃比の変動として現れ得る程度の周波数(1/τ1)以下の空燃比の変動に対する実質的な空燃比制御はサブフィードバック制御により確実に行われ得るとともに、同周波数(1/τ1)以下の低周波数成分はハイパスフィルタA15を通過し得ずPIコントローラA16に入力されないから前述した機関の空燃比制御の干渉が発生することを回避できる。また、機関の空燃比の変動(従って、上流側空燃比センサ66の出力値vabyfsの変動)における前記周波数(1/τ1)以上の高周波数成分はハイパスフィルタA15を通過するから、過渡運転状態における空燃比の急変に

に対する補償はメインフィードバック制御により迅速、且つ確実に行われ得る。

【0091】

〈基本燃料噴射量補正係数の設定〉

先に説明したように、前記PIDコントローラA9において積分処理が実行されることにより、サブフィードバック制御において上述した基本燃料噴射量の誤差が補償され得る。しかしながら、上述した第1触媒53の酸素吸蔵機能の影響により機関の空燃比の変化は少し遅れて同第1触媒53の下流の排ガスの空燃比の変化として現れるから、上記基本燃料噴射量の誤差が急に増大する場合においては、サブフィードバック制御のみでは同基本燃料噴射量の誤差を直ちに補償することができず、その結果、一時的にエミッションの排出量が増大する場合が発生するという問題がある。

【0092】

従って、前記酸素吸蔵機能による遅れの影響がないメインフィードバック制御においても上記基本燃料噴射量の誤差を直ちに補償できるように構成することが必要である。しかしながら、ハイパスフィルタ処理は微分処理(D処理)と同等の機能を達成する処理であるから、ハイパスフィルタA15通過後の値がPIコントローラA16の入力値とされている上記メインフィードバック制御においては、実質的に積分処理が実行され得ない。よって、上記メインフィードバック制御においては上記基本燃料噴射量の誤差が補償され得ない。

【0093】

以上のことから、メインフィードバック制御、及びサブフィードバック制御による積分処理によることなく上記基本燃料噴射量の誤差を直ちに補償する必要がある。このためには、指令最終燃料噴射量 F_i を決定する値のうちメインフィードバック補正量 $DF_{i\text{main}}$ 、及びサブフィードバック補正量 $DF_{i\text{sub}}$ 以外の値である補正後指令基本燃料噴射量 F_{base} が、機関に供給される混合気の実際の空燃比を目標空燃比 aby_{fr} とするために吸気行程を迎える気筒のインジェクタ39に噴射指示すべき燃料噴射量(以下、「目標指令基本燃料噴射量 F_{base} 」と称呼する。)と一致する(近づく)ように補正される必要がある。

【0094】

そのためには、図5から理解できるように、今回の上記補正前指令基本燃料噴射量 $F_{\text{base}}(k)$ に上述した基本燃料噴射量補正係数設定手段A17により設定される基本燃料噴射量補正係数 KF を乗じた値が上記目標指令基本燃料噴射量 F_{base} と一致する(近づく)ように同基本燃料噴射量補正係数 KF が設定される必要がある。以下、基本燃料噴射量補正係数設定手段A17による係る基本燃料噴射量補正係数 KF の設定方法について説明する。

【0095】

一般に、燃焼室内に吸入される筒内吸入空気量が等しいという仮定のもと、燃料噴射量と、機関に供給される混合気の実際の空燃比(従って、排ガスの空燃比)の積は一定となる。従って、係る仮定のもとでは、一般に、上記指令最終燃料噴射量 F_i と、上流側空燃比センサ66による検出空燃比 aby_{fs} の積は、機関に供給される混合気の実際の空燃比を今回の目標空燃比 $aby_{fr}(k)$ とするために必要な上記目標指令基本燃料噴射量 F_{base} と、目標空燃比 $aby_{fr}(k)$ の積に等しい、という関係が成立する。従って、目標指令基本燃料噴射量 F_{base} は、一般に、下記(8)式に従って表すことができる。

【0096】

$$F_{\text{base}} = (aby_{fs} / aby_{fr}(k)) \cdot F_i \quad \dots (8)$$

【0097】

ここで、上述したように、今回の補正前指令基本燃料噴射量 $F_{\text{base}}(k)$ に基本燃料噴射量補正係数 KF を乗じた値が上記(8)式に従って求められる目標指令基本燃料噴射量 F_{base} と等しくなるように同補正係数 KF が設定されるから、同補正係数 KF は下記(9)式に従って設定することができる。

【0098】

$$KF = F_{\text{base}} / F_{\text{base}}(k) \quad \dots (9)$$

【0099】

ところで、燃料の噴射指示から、同噴射指示により噴射された燃料の燃焼に基づく排ガスの空燃比が上流側空燃比センサ66の出力値 v_{abyfs} として現れるまでには、上述した行程遅れ、輸送遅れ、及び応答遅れの和として表される遅れ時間 L_2 が必要である。換言すれば、上流側空燃比センサ66による検出空燃比 $abyfs$ は、遅れ時間 L_2 前に実行された燃料の噴射指示に基づいて発生した排ガスの空燃比を表す値となる。

【0100】

従って、上記(8)式に従って目標指令基本燃料噴射量 F_{baset} が計算される際、検出空燃比 $abyfs$ として今回の検出空燃比 $abyfs(k)$ が使用される一方で、指令最終燃料噴射量 F_i としては、現時点（具体的には、今回の $F_i(k)$ の噴射指示開始時点）から遅れ時間 L_2 に相当する M ストローク（ M 回の吸気行程）前に実行された燃料の噴射指示に係わる指令最終燃料噴射量である現時点から M ストローク前の指令最終燃料噴射量 $F_i(k-M)$ が使用されることが好ましい。

【0101】

更には、機関が過渡運転状態にある場合、検出空燃比 $abyfs$ 、指令最終燃料噴射量 F_i 、及び補正前指令基本燃料噴射量 F_{baseb} が別個独立に所定の周波数以上の高周波数で大きく変動し得る。このような場合、上記(8)式、及び上記(9)式に示した関係が維持され得なくなる可能性がある。従って、係る高周波数の変動による影響をカットするためには、今回の検出空燃比 $abyfs(k)$ の値、 M ストローク前の指令最終燃料噴射量 $F_i(k-M)$ の値、及び今回の補正後指令基本燃料噴射量 $F_{baseb}(k)$ の値にそれぞれ所定のローパスフィルタ処理を施した後の各値を上記(8)式、或いは上記(9)式の計算に使用することが好適である。

【0102】

また、上述した行程遅れ、及び輸送遅れに係る時間は、エンジン回転速度 NE の上昇に応じて短くなるとともに、輸送遅れに係る時間は、筒内吸入空気量 Mc の増加に応じて短くなる傾向がある。従って、上記遅れ時間 L_2 （従って、値 M ）は、例えば、エンジン回転速度 NE と、筒内吸入空気量 $Mc(k)$ と、図6にグラフにより示した、エンジン回転速度 NE 及び筒内吸入空気量 Mc と、ストローク数 M との関係を規定するテーブル Map_M と、に基づいて求めることができる。

【0103】

以上のことから、基本燃料噴射量補正係数設定手段A17は、その機能ブロック図である図7に示したようにA17a～A17fの各手段等を含んで構成されている。ローパスフィルタA17aは、その特性をラプラス演算子 s を用いて表した下記(10)式に示すように、一次のフィルタである。下記(10)式において、 τ_2 は時定数である。ローパスフィルタA17aは、周波数 $(1/\tau_2)$ 以上の高周波数成分が通過することを実質的に禁止する。

【0104】

$$1/(1+\tau_2 \cdot s) \quad \cdots (10)$$

【0105】

ローパスフィルタA17aは、テーブル変換手段A10により求められた今回の検出空燃比 $abyfs(k)$ の値を入力するとともに、上記(10)式に従って今回の検出空燃比 $abyfs(k)$ の値をローパスフィルタ処理した後の値であるローパスフィルタ通過後検出空燃比 $abyfslow$ を出力する。

【0106】

指令最終燃料噴射量遅延手段A17bは、ROM72に記憶されている上述したテーブル Map_M と、現時点でのエンジン回転速度 NE と、今回の筒内吸入空気量 $Mc(k)$ と、に基づいて値 M を求める。そして、指令最終燃料噴射量遅延手段A17bは、指令最終燃料噴射量算出手段A5により吸気行程毎に求められRAM73に記憶されている指令最終燃料噴射量 F_i のうち、現時点から M ストローク（ M 回の吸気行程）前に吸気行程を迎えた気筒についての値をRAM73から読み出し、これを指令最終燃料噴射量 $F_i(k-M)$ として設定する。

【0107】

ローパスフィルタA17cは、上述したローパスフィルタA17aと同一のフィルタであって、指令最終燃料噴射量遅延手段A17bにより求められた指令最終燃料噴射量 $F_i(k-M)$ の値を入力するとともに、上記(10)式に従って指令最終燃料噴射量 $F_i(k-M)$ の値をローパスフィルタ処理した後の値であるローパスフィルタ通過後指令最終燃料噴射量 F_{ilow} を出力する。

【0108】

目標指令基本燃料噴射量算出手段A17dは、上記(8)に相当する下記(11)式に従って、ローパスフィルタA17aの出力であるローパスフィルタ通過後検出空燃比 $abyf_{slow}$ の値を今回の目標空燃比 $abyf_r(k)$ で除することで得られる値にローパスフィルタA17cの出力であるローパスフィルタ通過後指令最終燃料噴射量 F_{ilow} の値を乗じることで目標指令基本燃料噴射量 F_{baset} を求める。

【0109】

$$F_{baset} = (abyf_{slow} / abyf_r(k)) \cdot F_{ilow} \quad \dots (11)$$

【0110】

ローパスフィルタA17eは、上述したローパスフィルタA17aと同一のフィルタであって、補正前指令基本燃料噴射量算出手段A3により求められた今回の補正前指令基本燃料噴射量 $F_{baseb}(k)$ の値を入力するとともに、上記(10)式に従って今回の補正前指令基本燃料噴射量 $F_{baseb}(k)$ の値をローパスフィルタ処理した後の値であるローパスフィルタ通過後補正前指令基本燃料噴射量 $F_{baseblow}$ を出力する。

【0111】

基本燃料噴射量補正係数設定手段A17fは、上記(9)に相当する下記(12)式に従って、目標指令基本燃料噴射量算出手段A17dにより求められた目標指令基本燃料噴射量 F_{baset} をローパスフィルタA17eの出力であるローパスフィルタ通過後補正前指令基本燃料噴射量 $F_{baseblow}$ で除することで基本燃料噴射量補正係数 KF を求める。

【0112】

$$KF = F_{baset} / F_{baseblow} \quad \dots (12)$$

【0113】

以上、基本燃料噴射量補正係数設定手段A17は、燃料の噴射時点（より具体的には、噴射指示が開始される時点）が到来する毎に、A17a～A17fの各手段等を利用して基本燃料噴射量補正係数 KF を設定する。そして、本装置は、このようにして今回設定された基本燃料噴射量補正係数 KF を次回の補正前指令基本燃料噴射量 F_{baseb} に乘じることで次回の補正前指令基本燃料噴射量 F_{baseb} を補正していく（即ち、次回の補正後指令基本燃料噴射量 F_{base} を決定していく）。従って、次回の補正後指令基本燃料噴射量 F_{base} が、機関に供給される混合気の実際の空燃比を目標空燃比 $abyf_r$ とするために噴射指示すべき燃料噴射量と一致する（近づく）ように決定されていき、この結果、機関に供給される混合気の実際の空燃比が目標空燃比 $abyf_r$ に向けて制御されつつ基本燃料噴射量の誤差が迅速に補償されていく。

【0114】

<基本燃料噴射量補正係数の記憶処理>

先に説明したように、機関の暖機運転中、及び上流側空燃比センサが故障している場合等、即ち、「上流側空燃比センサ66の出力値 v_{abyfs} が正常な値とならない場合」においては、検出空燃比 $abyfs$ が排ガスの空燃比を精度良く表す値とならない。このような場合、検出空燃比 $abyfs$ に基づく上記ローパスフィルタ通過後検出空燃比 $abyf_{slow}$ の値を使用して上記(11)式（、及び上記(12)式）に従って算出される基本燃料噴射量補正係数 KF の値も、補正前指令基本燃料噴射量 $F_{baseb}(k)$ を、目標指令基本燃料噴射量 F_{baset} になるように精度良く補正するための値とならない。従って、このような場合、上記(11)式、及び上記(12)式に従って算出される基本燃料噴射量補正係数 KF は補正前指令基本燃料噴射量 $F_{baseb}(k)$ の補正に使用されるべきでない。

【0115】

そこで、本装置は、「上流側空燃比センサ66の出力値 v_{abyfs} が正常な値となる場合（

具体的には、後述するメインフィードバック条件が成立する場合）」に限り、上記(11)式、及び上記(12)式に従って計算された基本燃料噴射量補正係数KFを使用して補正前指令基本燃料噴射量 $F_{baseb}(k)$ を補正していくとともに、同計算された基本燃料噴射量補正係数KFの値を逐次バックアップRAM74に記憶・更新していく。

【0116】

この場合、基本燃料噴射量の誤差量が筒内吸入空気量 M_c に応じて増大していく（従って、基本燃料噴射量補正係数KFの値が筒内吸入空気量 M_c に応じて増大していく）傾向があることを利用して、本装置は、図8に示すように、筒内吸入空気量 M_c のとり得る範囲を複数の（本例では、4つの）分類に区分する。そして、本装置は、新たな基本燃料噴射量補正係数KFを計算する毎に、今回の筒内吸入空気量 $M_c(k)$ が属する分類を選択するとともに、同選択された分類に対応する基本燃料噴射量補正係数KF(m) (m:1, 2, 3, 4)の値を上記計算された新たな基本燃料噴射量補正係数KFの値に更新・記憶していく。

【0117】

一方、本装置は、「上流側空燃比センサ66の出力値 v_{abyfs} が正常な値とならない場合（具体的には、後述するメインフィードバック条件が成立しない場合）」においては、今回の筒内吸入空気量 $M_c(k)$ が属する分類を選択するとともに、バックアップRAM74に記憶されている基本燃料噴射量補正係数KF(m) (m:1, 2, 3, 4)のうち同選択された分類に対応する値を基本燃料噴射量補正係数記憶値 KF_{memory} として設定する。

【0118】

そして、上記(11)式、及び上記(12)式に従って計算される基本燃料噴射量補正係数KFに代えて同基本燃料噴射量補正係数記憶値 KF_{memory} を使用して補正前指令基本燃料噴射量 $F_{baseb}(k)$ を補正していく。これにより、「上流側空燃比センサ66の出力値 v_{abyfs} が正常な値とならない場合」においても、補正前指令基本燃料噴射量 $F_{baseb}(k)$ を、ある程度正確に目標指令基本燃料噴射量 F_{baset} に一致させていくことができ、この結果、基本燃料噴射量の誤差がある程度補償されていく。以上が、本装置による機関の空燃比フィードバック制御の概要である。

【0119】

（実際の作動）

次に、上記空燃比制御装置の実際の作動について説明する。

＜空燃比フィードバック制御＞

CPU71は、図9フローチャートにより示した燃料噴射量 F_i の計算、及び燃料噴射の指示を行うルーチンを、各気筒のクランク角が各吸気上死点前の所定クランク角度（例えば、BTDC90°CA）となる毎に、繰り返し実行するようになっていく。従って、任意の気筒のクランク角度が前記所定クランク角度になると、CPU71はステップ900から処理を開始してステップ905に進み、エアフローメータ61により計測された吸入空気流量 G_a と、エンジン回転速度NEと、上述したテーブル Map_{M_c} とに基づいて今回の吸気行程を迎える気筒（以下、「燃料噴射気筒」と云うこともある。）に吸入された今回の筒内吸入空気量 $M_c(k)$ を推定・決定する。

【0120】

次に、CPU71はステップ910に進んで、上記推定された筒内吸入空気量 $M_c(k)$ を今回の目標空燃比 $abyfr(k)$ で除した値を今回の補正前指令基本燃料噴射量 $F_{baseb}(k)$ として決定する。次いで、CPU71はステップ915に進んで、メインフィードバック条件が成立しているか否かを判定する。ここで、メインフィードバック条件は、例えば、機関の冷却水温THWが第1所定温度以上であって、上流側空燃比センサ66が正常（活性状態となっていることを含む。）であって、機関の一回転当りの吸入空気量（負荷）が所定値以下であるときに成立する。即ち、メインフィードバック条件が成立することは、上述した「上流側空燃比センサ66の出力値 v_{abyfs} が正常な値となる場合」に対応する。

【0121】

CPU71は、メインフィードバック条件が成立している場合、ステップ915にて「Yes」と判定してステップ920に進み、上記補正前指令基本燃料噴射量 $F_{baseb}(k)$ に

、後述するルーチンにて（前回の燃料噴射時点にて）求められている最新の基本燃料噴射量補正係数 KF を乗じた値を補正後指令基本燃料噴射量 F_{base} として設定する。

【0122】

一方、CPU71は、メインフィードバック条件が成立していない場合、ステップ915にて「No」と判定してステップ925に進み、上記補正前指令基本燃料噴射量 $F_{baseb}(k)$ に、バックアップRAM74に記憶されている基本燃料噴射量補正係数 $KF(m)$ ($m:1, 2, 3, 4$)のうち先のステップ905にて決定された筒内吸入空気量 $Mc(k)$ の値から選択された筒内吸入空気量 $KF(m)$ の値を基本燃料噴射量補正係数記憶値 KF_{memory} として設定する。続いて、CPU71はステップ930に進み、上記補正前指令基本燃料噴射量 $F_{baseb}(k)$ に、ステップ925にて設定した基本燃料噴射量補正係数記憶値 KF_{memory} を乗じた値を補正後指令基本燃料噴射量 F_{base} として設定する。

【0123】

次に、CPU71はステップ935に進み、上記(1)式に従って、上記求めた補正後指令基本燃料噴射量 F_{base} に、後述するルーチンにて（前回の燃料噴射時点にて）求められている最新のメインフィードバック補正量 DF_{imain} と、後述するルーチンにて（前回の燃料噴射時点にて）求められている最新のサブフィードバック補正量 DF_{isub} とを加えた値を今回の指令最終燃料噴射量 $Fi(k)$ として求める。

【0124】

そして、CPU71はステップ940に進んで、上記指令最終燃料噴射量 $Fi(k)$ の燃料の噴射指示を行う。具体的には、図示しないルーチンにより別途計算されている燃料噴射開始時期が到来すると、CPU71は、上記指令最終燃料噴射量 $Fi(k)$ に応じた時間だけ燃料噴射気筒のインジェクタ39を開弁する指示を同インジェクタ39に対して行うことで燃料が噴射される。そして、CPU71はステップ995に進んで本ルーチンを一旦終了する。

【0125】

以上により、補正前指令基本燃料噴射量 $F_{baseb}(k)$ が上述した目標指令基本燃料噴射量 F_{base} に一致するように補正されるとともに、同補正された補正前指令基本燃料噴射量 $F_{baseb}(k)$ （即ち、補正後指令基本燃料噴射量 F_{base} ）がメインフィードバック補正、及びサブフィードバック補正された後の指令最終燃料噴射量 $Fi(k)$ の燃料の噴射指示が燃料噴射気筒に対して噴射される。

【0126】

（メインフィードバック補正量の計算）

次に、上記メインフィードバック制御において上記メインフィードバック補正量 DF_{imain} を算出する際の作動について説明すると、CPU71は図10にフローチャートにより示したルーチンを、燃料噴射気筒について燃料噴射開始時期（噴射指示開始時点）が到来する毎に、繰り返し実行するようになっている。従って、燃料噴射気筒について燃料噴射開始時期が到来すると、CPU71はステップ1000から処理を開始し、ステップ1005に進んでメインフィードバック条件が成立しているか否かを判定する。このメインフィードバック条件は、先のステップ915におけるメインフィードバック条件と同一である。

【0127】

いま、メインフィードバック条件が成立しているものとして説明を続けると、CPU71はステップ1005にて「Yes」と判定してステップ1010に進み、現時点（即ち、噴射指示開始時点）の上流側空燃比センサ66の出力値 v_{abyfs} を図3に示したテーブルに基づいて変換することにより、今回の検出空燃比 $abyfs(k)$ を求める。

【0128】

次に、CPU71はステップ1015に進み、現時点からNストローク（N回の吸気行程）前に吸気行程を迎えた気筒の吸入空気量である筒内吸入空気量 $Mc(k-N)$ を前記求めた検出空燃比 $abyfs(k)$ で除することにより、現時点からNストローク前の実際の筒内燃料供給量 $F_c(k-N)$ を求める。

【0129】

次いで、CPU71はステップ1020に進み、現時点からNストローク前の筒内吸入空気量 $M_{c(k-N)}$ を現時点からNストローク前の目標空燃比 $a_{byfr(k-N)}$ で除することにより、現時点からNストローク前の目標筒内燃料供給量 $F_{cr(k-N)}$ を求める。

【0130】

そして、CPU71はステップ1025に進んで、上記(5)式に従って、目標筒内燃料供給量 $F_{cr(k-N)}$ から筒内燃料供給量 $F_{c(k-N)}$ を減じた値を筒内燃料供給量偏差 DF_c として設定する。つまり、筒内燃料供給量偏差 DF_c は、Nストローク前の時点で筒内に供給された燃料の過不足分を表す量となる。次に、CPU71はステップ1030に進み、前記筒内燃料供給量偏差 DF_c をハイパスフィルタA15によりハイパスフィルタ処理してハイパスフィルタ通過後筒内燃料供給量偏差 DF_{chi} を取得する。

【0131】

次いで、CPU71はステップ1035に進んで、上記(7)式に基づくステップ1035内に示した式に従ってメインフィードバック補正量 DF_{imain} を求め、続くステップ1040にてその時点におけるハイパスフィルタ通過後筒内燃料供給量偏差 DF_{chi} の積分値 SDF_{chi} に前記ステップ1030にて求めたハイパスフィルタ通過後筒内燃料供給量偏差 DF_{chi} を加えて、新たなハイパスフィルタ通過後筒内燃料供給量偏差の積分値 SDF_{chi} を求めた後、ステップ1095に進んで本ルーチンを一旦終了する。

【0132】

以上により、メインフィードバック補正量 DF_{imain} が求められ、このメインフィードバック補正量 DF_{imain} が前述した図9のステップ935により指令最終燃料噴射量 $F_i(k)$ に反映されることで上述したメインフィードバック制御に基づく機関の空燃比制御が実行される。

【0133】

一方、ステップ1005の判定時において、メインフィードバック条件が不成立であると、CPU71は同ステップ1005にて「No」と判定してステップ1045に進んでメインフィードバック補正量 DF_{imain} の値を「0」に設定し、その後ステップ1095に進んで本ルーチンを一旦終了する。このように、メインフィードバック条件が不成立であるときは、メインフィードバック補正量 DF_{imain} を「0」としてメインフィードバック制御に基づく機関の空燃比の補正を行わない。

【0134】

(サブフィードバック補正量の計算)

次に、上記サブフィードバック制御において上記サブフィードバック補正量 DF_{isub} を算出する際の作動について説明すると、CPU71は図11にフローチャートにより示したルーチンを、燃料噴射気筒について燃料噴射開始時期（噴射指示開始時点）が到来する毎に、繰り返し実行するようになっている。従って、燃料噴射気筒について燃料噴射開始時期が到来すると、CPU71はステップ1100から処理を開始し、ステップ1105に進んでサブフィードバック制御条件が成立しているか否かを判定する。サブフィードバック制御条件は、例えば、前述したステップ915（及び、ステップ1005）でのメインフィードバック条件に加え、機関の冷却水温 THW が前記第1所定温度よりも高い第2所定温度以上のときに成立する。

【0135】

いま、サブフィードバック制御条件が成立しているものとして説明を続けると、CPU71はステップ1105にて「Yes」と判定してステップ1110に進み、上記(2)式に従って、下流側目標値 V_{oxsref} から現時点の下流側空燃比センサ67の出力値 V_{oxs} を減じることにより、出力偏差量 DV_{oxs} を求める。

【0136】

次に、CPU71はステップ1115に進んで、前記出力偏差量 DV_{oxs} をローパスフィルタA8によりローパスフィルタ処理してローパスフィルタ通過後出力偏差量 DV_{oxslow} を取得し、続くステップ1120にて、下記(13)式に基づきローパスフィルタ通過後出力偏

差量 DV_{oxslow} の微分値 DDV_{oxslow} を求める。

【0137】

$DDV_{oxslow} = (DV_{oxslow} - DV_{oxslowl}) / \Delta t \quad \cdots (13)$

【0138】

上記(13)式において、 $DV_{oxslowl}$ は前回の本ルーチン実行時において後述するステップ1135にて設定(更新)されたローパスフィルタ通過後出力偏差量 DV_{oxslow} の前回値である。また、 Δt は本ルーチンが前回実行された時点から今回実行された時間までの時間である。

【0139】

次いで、CPU71はステップ1125に進み、上記(4)式に従って、サブフィードバック補正量 DF_{isub} を求めた後、ステップ1130に進んで、その時点におけるローパスフィルタ通過後出力偏差量の積分値 SDV_{oxslow} に上記ステップ1115にて求めたローパスフィルタ通過後出力偏差量 DV_{oxslow} を加えて、新たなローパスフィルタ通過後出力偏差量の積分値 SDV_{oxslow} を求め、続くステップ1135にて、上記ステップ1115にて求めたローパスフィルタ通過後出力偏差量 DV_{oxslow} をローパスフィルタ通過後出力偏差量 DV_{oxslow} の前回値 $DV_{oxslowl}$ として設定した後、ステップ1195に進んで本ルーチンを一旦終了する。

【0140】

以上により、サブフィードバック補正量 DF_{isub} が求められ、このサブフィードバック補正量 DF_{isub} が前述した図9のステップ935により指令最終燃料噴射量 $Fi(k)$ に反映されることで上述したサブフィードバック制御に基づく機関の空燃比制御が実行される。

【0141】

一方、ステップ1105の判定時において、サブフィードバック制御条件が不成立であると、CPU71は同ステップ1105にて「No」と判定してステップ1140に進んでサブフィードバック補正量 DF_{isub} の値を「0」に設定し、その後、ステップ1195に進んで本ルーチンを一旦終了する。このように、サブフィードバック制御条件が不成立であるときは、サブフィードバック補正量 DF_{isub} を「0」としてサブフィードバック制御に基づく機関の空燃比の補正を行わない。

【0142】

(基本燃料噴射量補正係数の計算、及び記憶)

次に、基本燃料噴射量補正係数 KF を算出する際の作動について説明すると、CPU71は図12にフローチャートにより示したルーチンを、燃料噴射気筒について燃料噴射開始時期(噴射指示開始時点)が到来する毎に、繰り返し実行するようになっている。従って、燃料噴射気筒について燃料噴射開始時期が到来すると、CPU71はステップ1200から処理を開始し、ステップ1205に進んでメインフィードバック条件が成立しているか否かを判定し、「No」と判定する場合、ステップ1295に直ちに進んで本ルーチンを一旦終了する。この場合、基本燃料噴射量補正係数 KF の計算、及び同補正係数 KF の値のバックアップRAM74への記憶処理が実行されない。このメインフィードバック条件は、先のステップ915(及び、ステップ1005)におけるメインフィードバック条件と同一である。

【0143】

いま、メインフィードバック条件が成立しているものとして説明を続けると、CPU71はステップ1205にて「Yes」と判定してステップ1210に進み、先の図10のステップ1005にて求められている今回の検出空燃比 $abyfs(k)$ をローパスフィルタA17aによりローパスフィルタ処理してローパスフィルタ通過後検出空燃比 $abyfslow$ を取得する。

【0144】

次いで、CPU71はステップ1215に進んで、現時点でのエンジン回転速度 NE と、先の図9のステップ905にて求めた今回の筒内吸入空気量 $Mc(k)$ と、図6に示したテーブル $MapM$ とに基づいて値 M を求めるとともに、現時点から M ストローク前の指令最終燃料

噴射量 $F_i(k-M)$ をローパスフィルタA17cによりローパスフィルタ処理してローパスフィルタ通過後指令最終燃料噴射量 F_{ilow} を取得する。

【0145】

続いて、CPU71はステップ1220に進んで、先の図9のステップ910にて求められている今回の補正前指令基本燃料噴射量 $F_{baseb}(k)$ をローパスフィルタA17eによりローパスフィルタ処理してローパスフィルタ通過後補正前指令基本燃料噴射量 $F_{baseblo}$ wを取得する。

【0146】

次に、CPU71はステップ1225に進み、上記取得されたローパスフィルタ通過後検出空燃比 $abyfslow$ と、上記取得されたローパスフィルタ通過後指令最終燃料噴射量 F_{ilow} と、先の図9のステップ910にて使用した今回の目標空燃比 $abyfr(k)$ と、上記(11)式とに基づいて目標指令基本燃料噴射量 F_{baset} を求め、続くステップ1230にて、上記目標指令基本燃料噴射量 F_{baset} と、上記取得されたローパスフィルタ通過後補正前指令基本燃料噴射量 $F_{baseblo}$ wと、上記(12)式とに基づいて基本燃料噴射量補正係数 KF を求める。

【0147】

そして、CPU71はステップ1235に進んで、図9のステップ905にて決定されている筒内吸入空気量 $Mc(k)$ の値に応じて選択される $KF(m)$ ($m:1\sim4$)の値を上記求めた基本燃料噴射量補正係数 KF の値に更新し、同更新した $KF(m)$ の値をバックアップRAM74の対応するメモリに記憶した後、ステップ1295に進んで本ルーチンを一旦終了する。

【0148】

これにより、メインフィールドバック条件が成立している場合において、燃料噴射気筒について燃料噴射開始時期が到来する毎に、基本燃料噴射量補正係数 KF の計算（更新）、及び同補正係数 KF の値のバックアップRAM74への記憶処理が実行されていく。そして、この基本燃料噴射量補正係数 KF が次の燃料噴射気筒について実行される前述した図9のルーチンのステップ920にて使用されることで次の補正前指令基本燃料噴射量 F_{baseb} が今回計算した基本燃料噴射量補正係数 KF に従って補正されていく。

【0149】

以上、説明したように、本発明による内燃機関の空燃比制御装置の実施形態によれば、燃焼室内に吸入される筒内吸入空気量が等しいという仮定のもと、指令最終燃料噴射量 F_i （実際には、 $F_i(k-M)$ ）と、上流側空燃比センサ66による検出空燃比 $abyfs(k)$ の積は、機関に供給される混合気の実際の空燃比を目標空燃比 $abyfr(k)$ とするために必要な目標指令基本燃料噴射量 F_{baset} と、目標空燃比 $abyfr(k)$ の積に等しい、という関係から目標指令基本燃料噴射量 $F_{baset}(=(abyfs(k)/abyfr(k)) \cdot F_i(k-M))$ を求め、同求めた目標指令基本燃料噴射量 F_{baset} を補正前指令基本燃料噴射量 $F_{baseb}(k)$ で除することで基本燃料噴射量補正係数 $KF(=F_{baset}/F_{baseb}(k))$ を求める（実際には、ローパスフィルタ処理が併せて実行される）。

【0150】

そして、この基本燃料噴射量補正係数 KF を次の補正前指令基本燃料噴射量 F_{baseb} に乘じることで次の補正前指令基本燃料噴射量 F_{baseb} を補正していく（即ち、次の補正後指令基本燃料噴射量 F_{base} を決定していく）。従って、次の補正後指令基本燃料噴射量 F_{base} が、機関に供給される混合気の実際の空燃比を目標空燃比 $abyfr$ とするために噴射指示すべき燃料噴射量と一致する（近づく）ように決定されていき、この結果、機関に供給される混合気の空燃比が目標空燃比 $abyfr$ に向けて制御されつつ基本燃料噴射量の誤差が迅速に補償されていく。

【0151】

本発明は上記各実施形態に限定されることはなく、本発明の範囲内において種々の変形例を採用することができる。例えば、上記各実施形態においては、図7（図12のステップ1210～1220）に示すように、検出空燃比 $abyfs(k)$ 、指令最終燃料噴射量 $F_i(k-M)$ 、及び補正前指令基本燃料噴射量 $F_{baseb}(k)$ をローパスフィルタによりそれぞれローパスフィルタ処理した後の各値を用いて基本燃料噴射量補正係数 KF を求めているが、検出空燃

比 $abyfs(k)$ 、指令最終燃料噴射量 $Fi(k-M)$ 、及び補正前指令基本燃料噴射量 $Fbaseb(k)$ の各値そのものからローパスフィルタ処理前基本燃料噴射量補正係数 $Kfb(=(abyfs(k) \cdot Fi(k-M))/(abyfr(k) \cdot Fbaseb(k)))$ を求め、同ローパスフィルタ処理前基本燃料噴射量補正係数 Kfb をローパスフィルタによりローパスフィルタ処理することで基本燃料噴射量補正係数 Kf を求めるように構成してもよい。

【0152】

また、上記実施形態においては、基本燃料噴射量補正係数 Kf を求める際に使用される現時点から M ストローク前の指令最終燃料噴射量 $Fi(k-M)$ についての値 M （遅れ時間に相当する値）を、エンジン回転速度 NE と、筒内吸入空気量 $Mc(k)$ と、図6に示すテーブル $MapMc$ とに基づいて求めているが、値 M を所定の一定値としてもよい。

【0153】

また、上記実施形態においては、図7に示すように、今回の検出空燃比 $abyfs(k)$ 、現時点から M ストローク前の指令最終燃料噴射量 $Fi(k-M)$ 、今回の目標空燃比 $abyfr(k)$ 、及び今回の補正前指令基本燃料噴射量 $Fbaseb(k)$ に基づいて基本燃料噴射量補正係数 Kf を求めているが、今回の検出空燃比 $abyfs(k)$ 、現時点から M ストローク前の指令最終燃料噴射量 $Fi(k-M)$ 、現時点から M ストローク前の目標空燃比 $abyfr(k-M)$ 、及び現時点から M ストローク前の補正前指令基本燃料噴射量 $Fbaseb(k-M)$ に基づいて基本燃料噴射量補正係数 Kf を求めるように構成してもよい。

【0154】

また、上記実施形態においては、メインフィードバック制御において、現時点から N ストローク前の目標筒内燃料供給量 $Fcr(k-N)$ から現時点から N ストローク前の実際の筒内燃料供給量 $Fc(k-N)$ を減じた値である筒内燃料供給量偏差 DFc に基づいてメインフィードバック補正量 $DFimain$ を求めているが、上流側空燃比センサ66による今回の検出空燃比 $abyfs(k)$ から現時点から N ストローク前の目標空燃比 $abyfr(k-N)$ を減じた値に基づいてメインフィードバック補正量 $DFimain$ を求めるように構成してもよい。

【図面の簡単な説明】

【0155】

【図1】本発明の実施形態に係る空燃比制御装置を適用した内燃機関の概略図である。

【図2】図1に示したエアフローメータの出力電圧と計測された吸入空気流量との関係を示したグラフである。

【図3】図1に示した上流側空燃比センサの出力電圧と空燃比との関係を示したグラフである。

【図4】図1に示した下流側空燃比センサの出力電圧と空燃比との関係を示したグラフである。

【図5】図1に示した空燃比制御装置が空燃比フィードバック制御を実行する際の機能ブロック図である。

【図6】図1に示したCPUが参照する、エンジン回転速度及び筒内吸入空気量と、遅れ時間に相当するストローク数との関係を規定するテーブルを示したグラフである。

【図7】図5に示した基本燃料噴射量補正係数設定手段が基本燃料噴射量補正係数を設定する際の機能ブロック図である。

【図8】計算された基本燃料噴射量補正係数が筒内吸入空気量に応じて分類されてバックアップRAMのメモリに記憶されている様子を示した図である。

【図9】図1に示したCPUが実行する指令最終燃料噴射量の計算、及び噴射指示を行うためのルーチンを示したフローチャートである。

【図10】図1に示したCPUが実行するメインフィードバック補正量を計算するためのルーチンを示したフローチャートである。

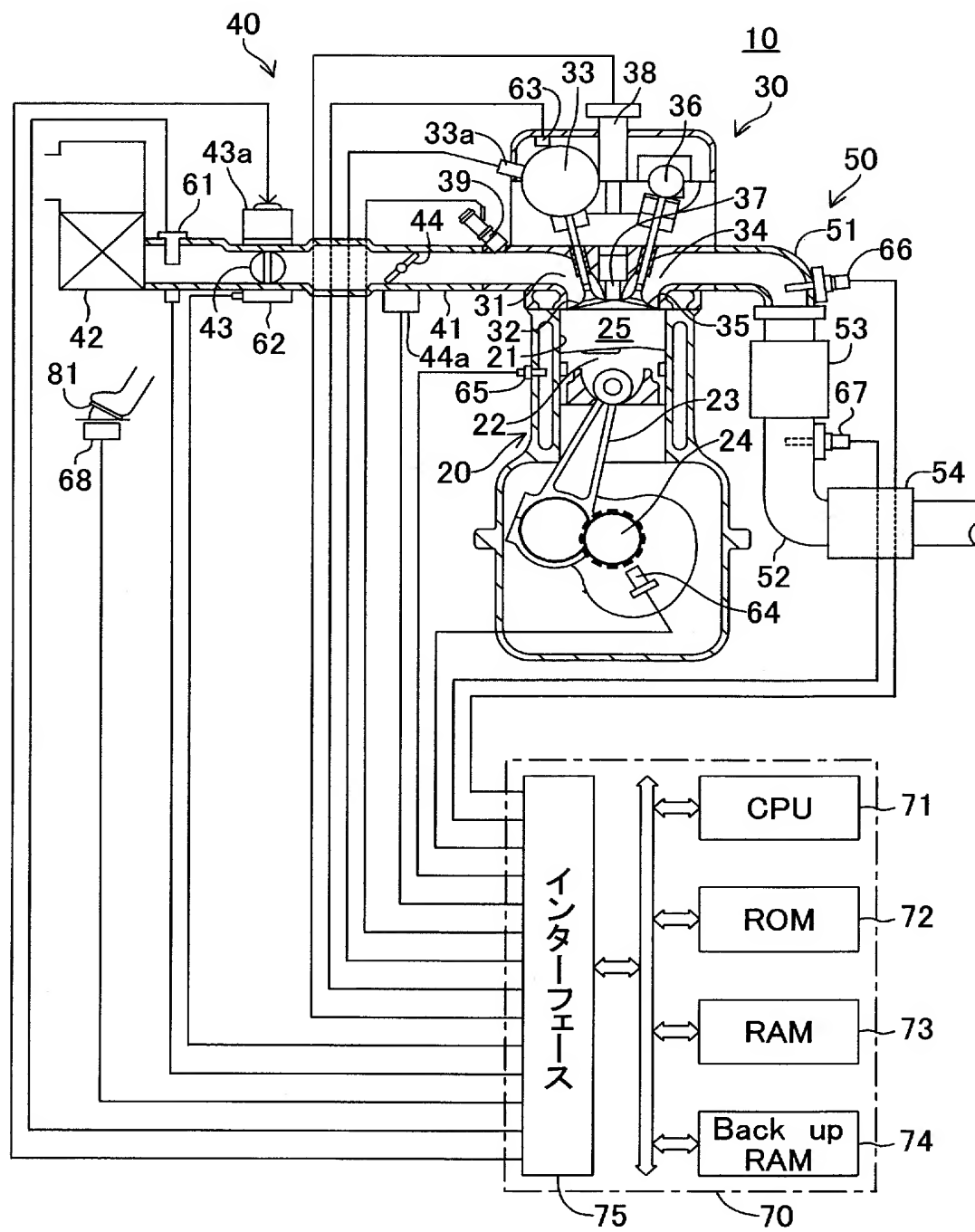
【図11】図1に示したCPUが実行するサブフィードバック補正量を計算するためのルーチンを示したフローチャートである。

【図 1 2】図 1 に示した C P U が実行する基本燃料噴射量補正係数を計算するためのルーチンを示したフローチャートである。

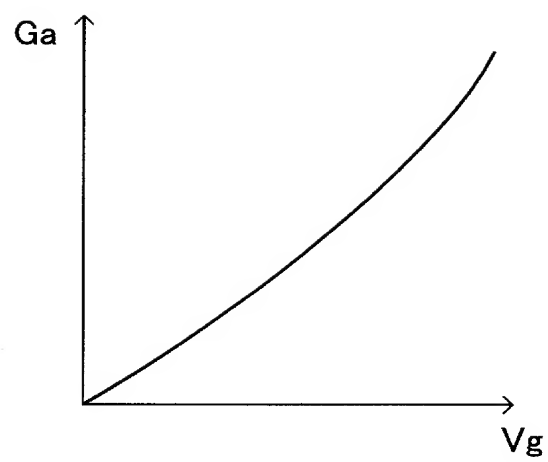
【符号の説明】

【 0 1 5 6 】

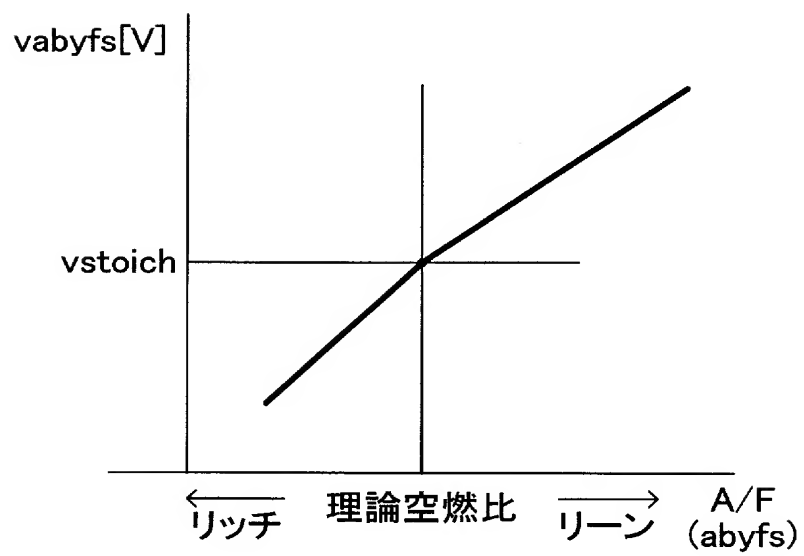
1 0 … 内燃機関、2 5 … 燃焼室、3 9 … インジェクタ、5 2 … エキゾーストパイプ（排気管）、5 3 … 三元触媒（第 1 触媒）、6 6 … 上流側空燃比センサ、6 7 … 下流側空燃比センサ、7 0 … 電気制御装置、7 1 … C P U、7 4 … バックアップ R A M



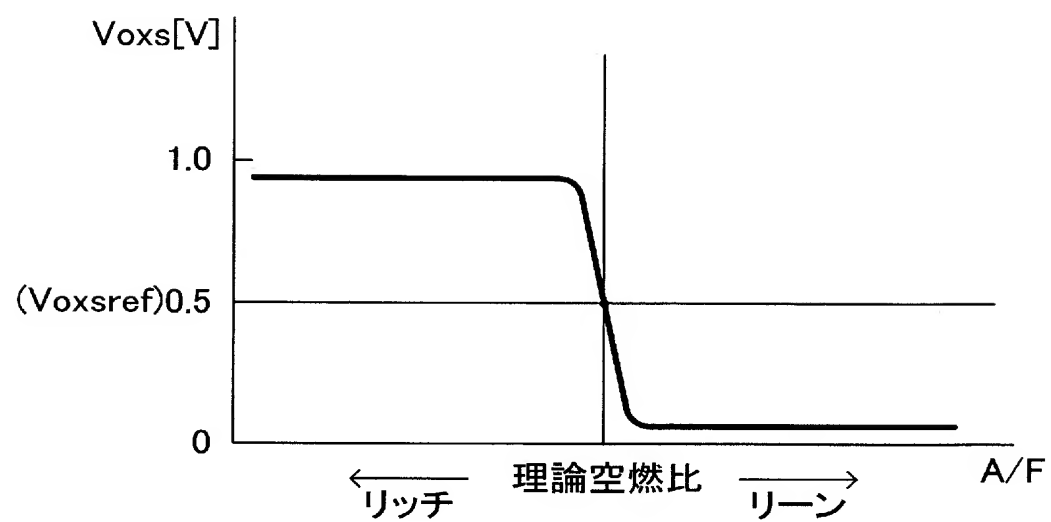
【図 2】

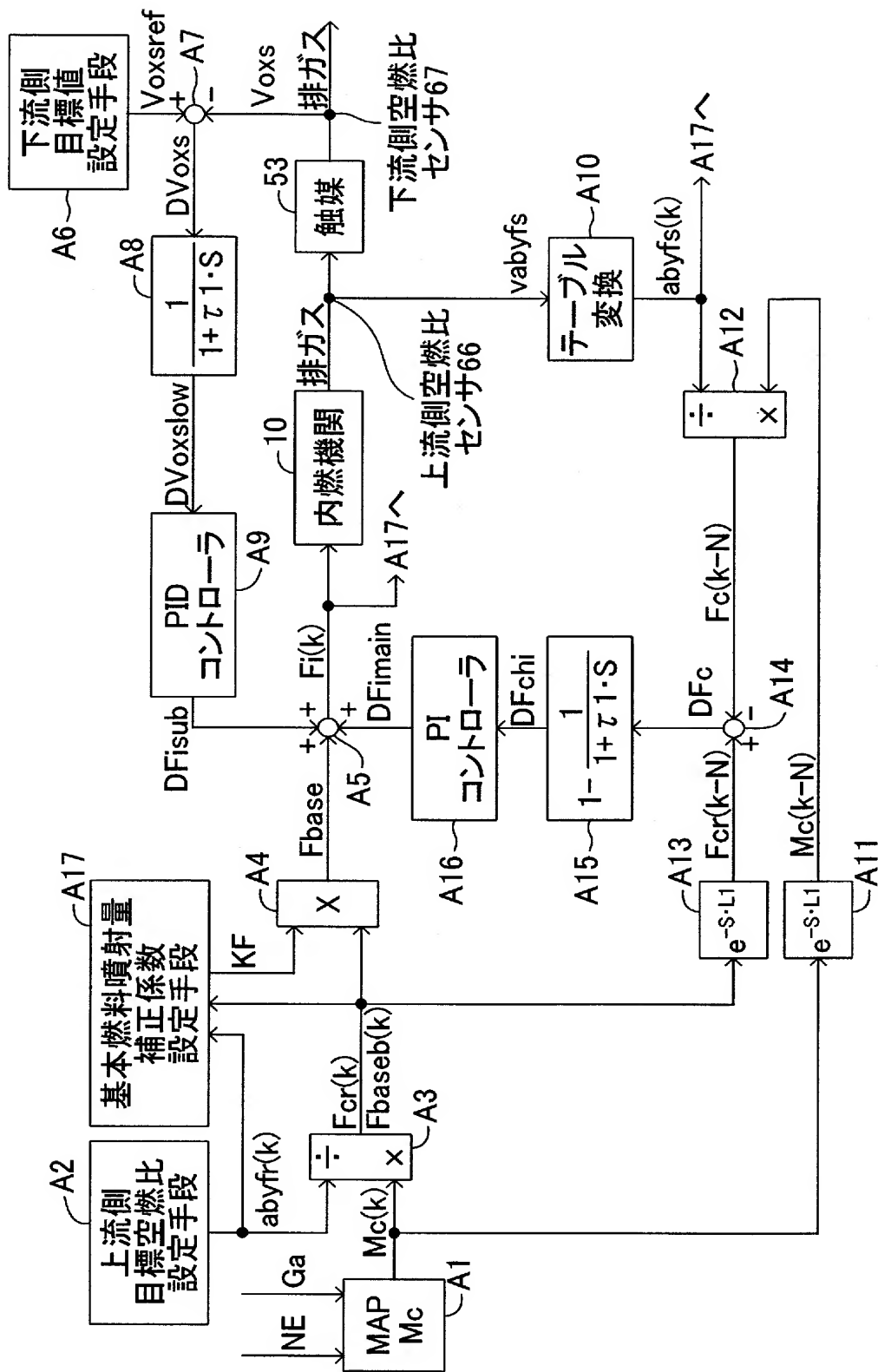


【図 3】

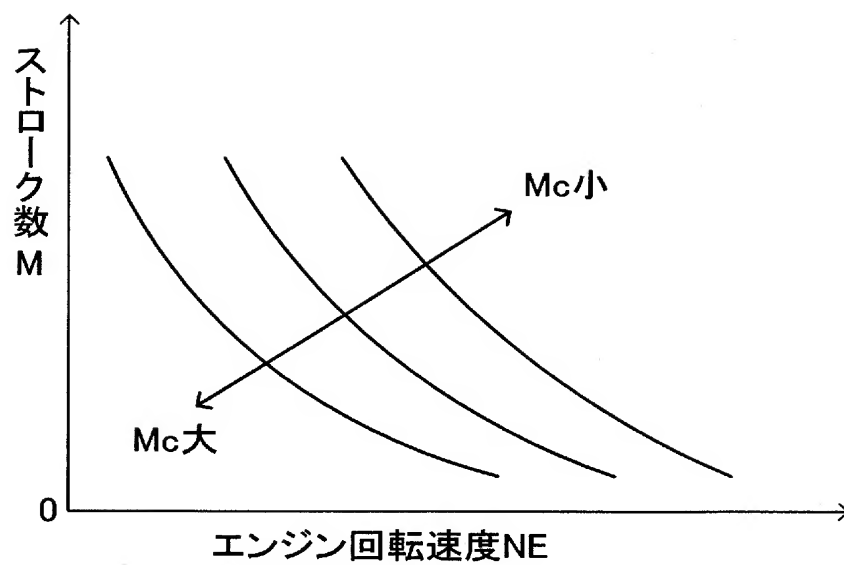


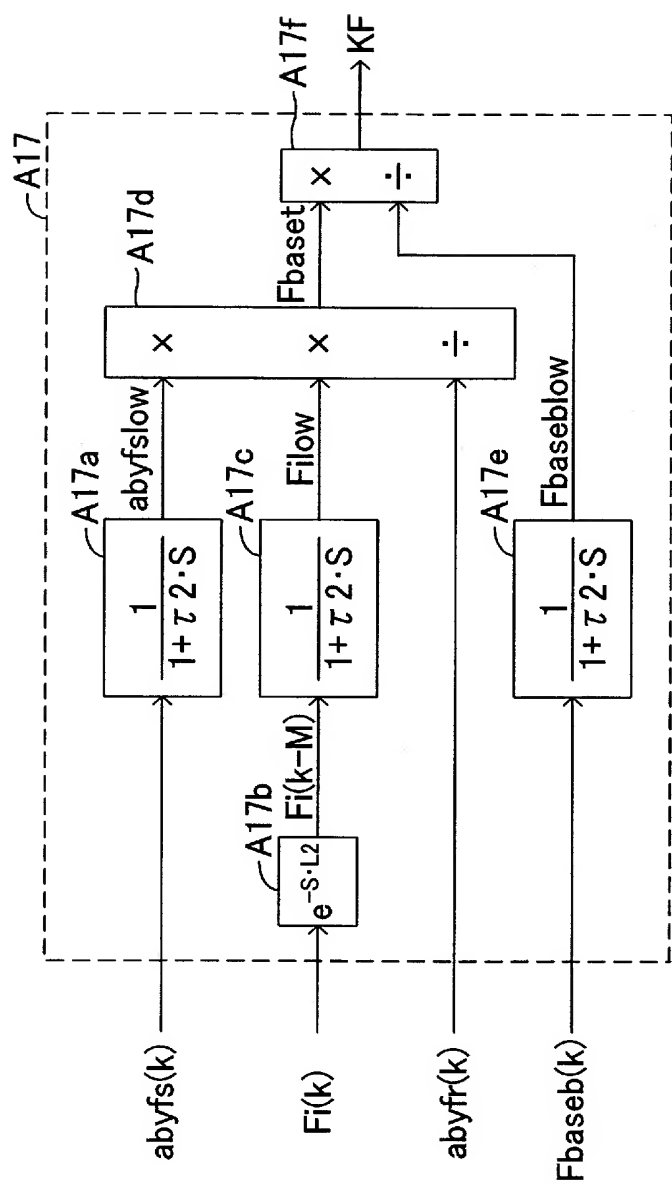
【 図 4 】



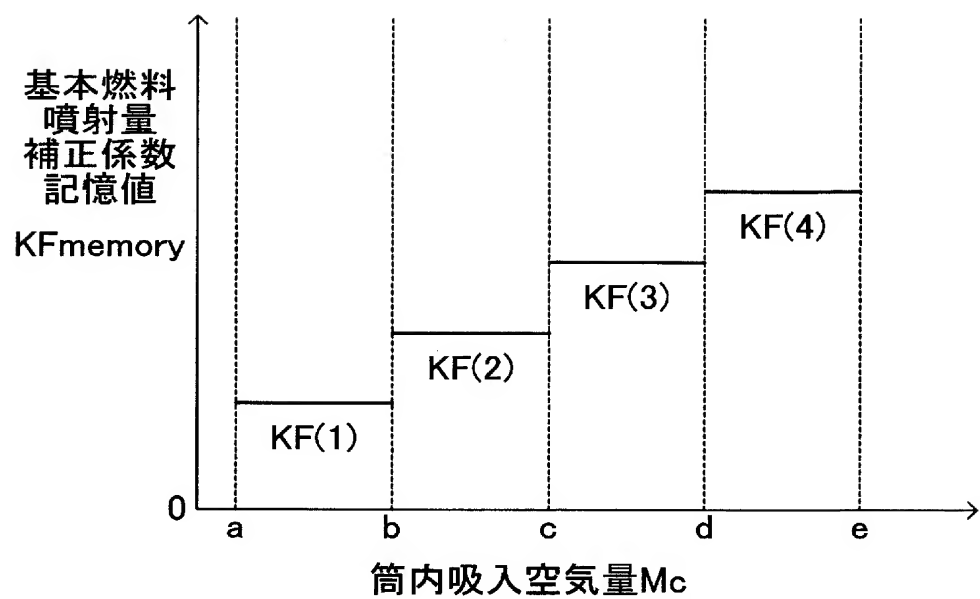


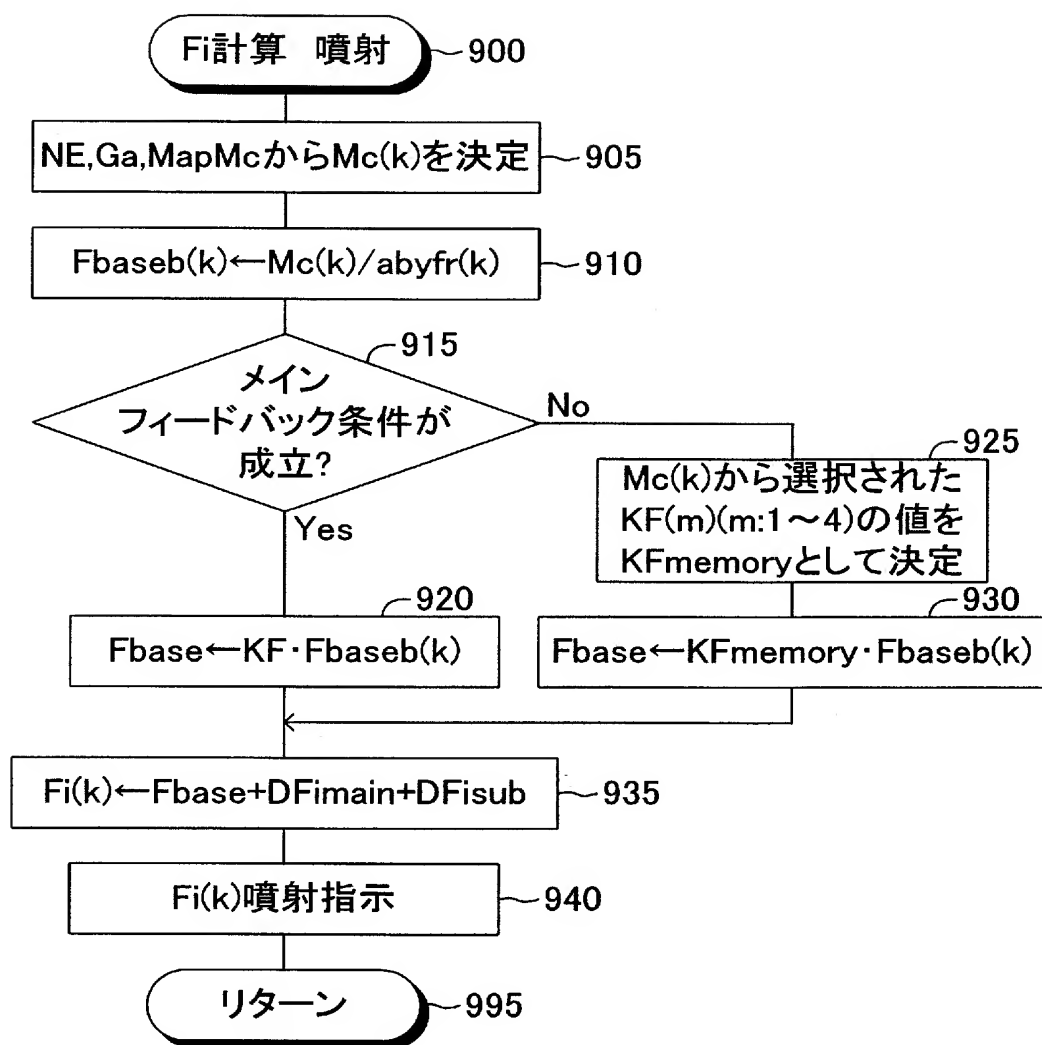
【図 6】

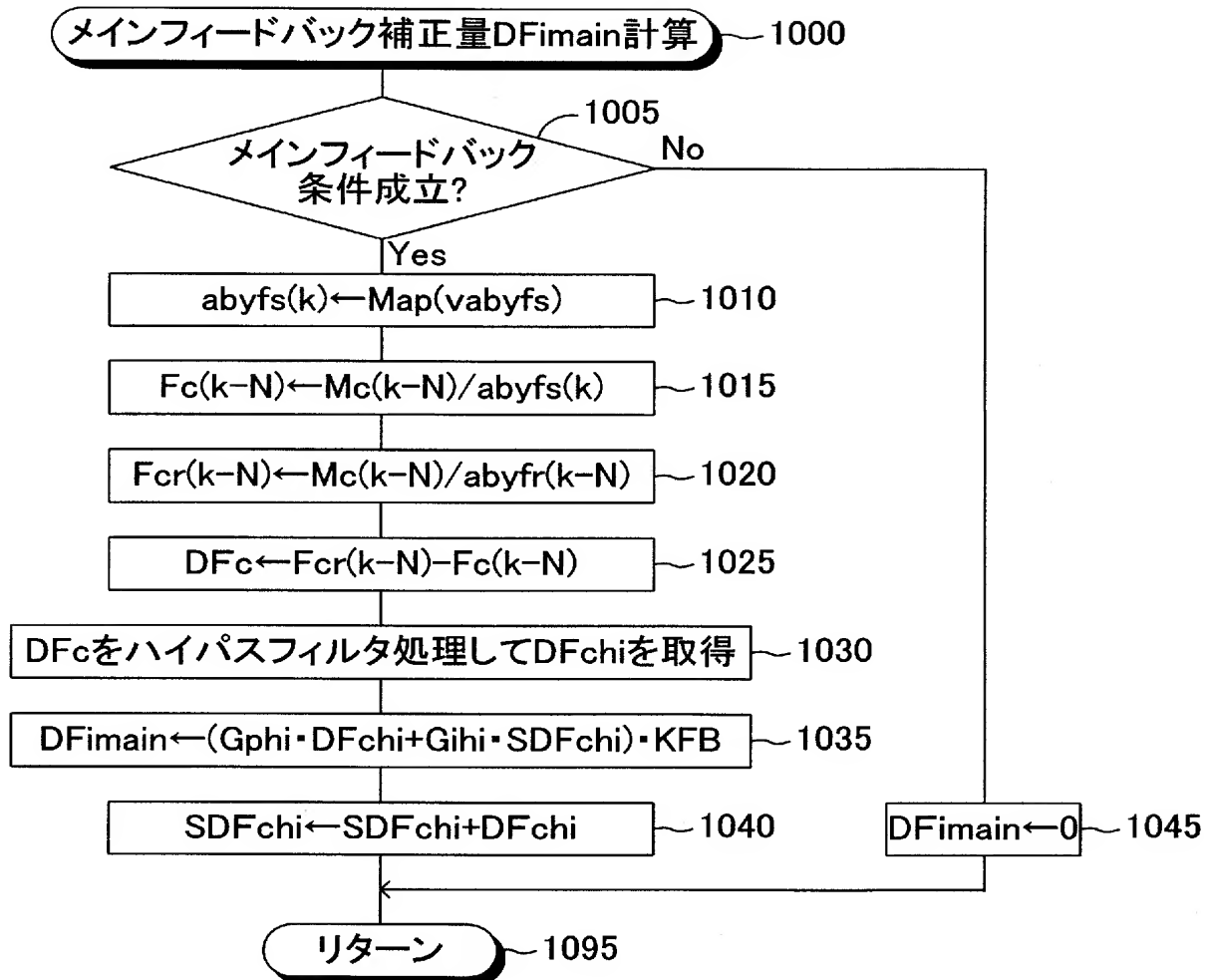


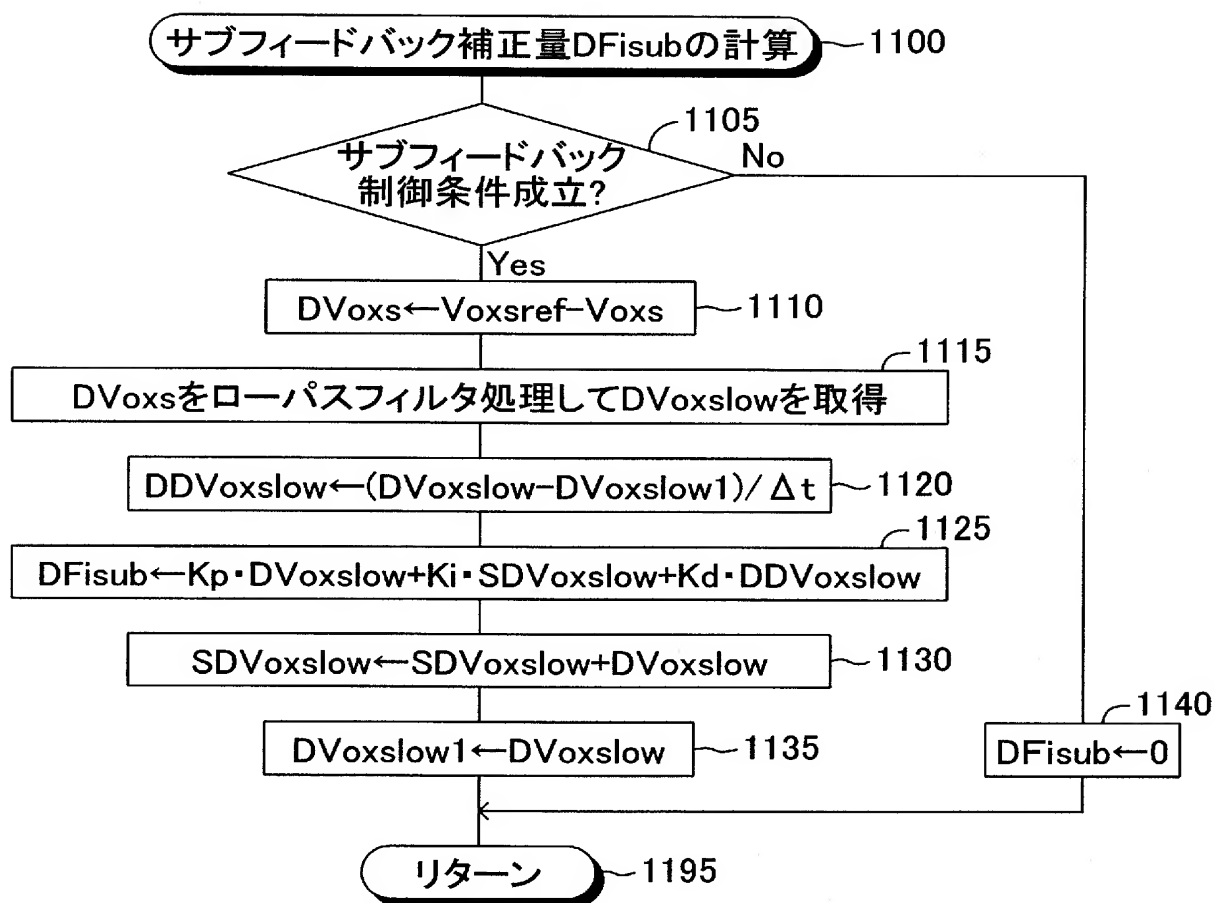


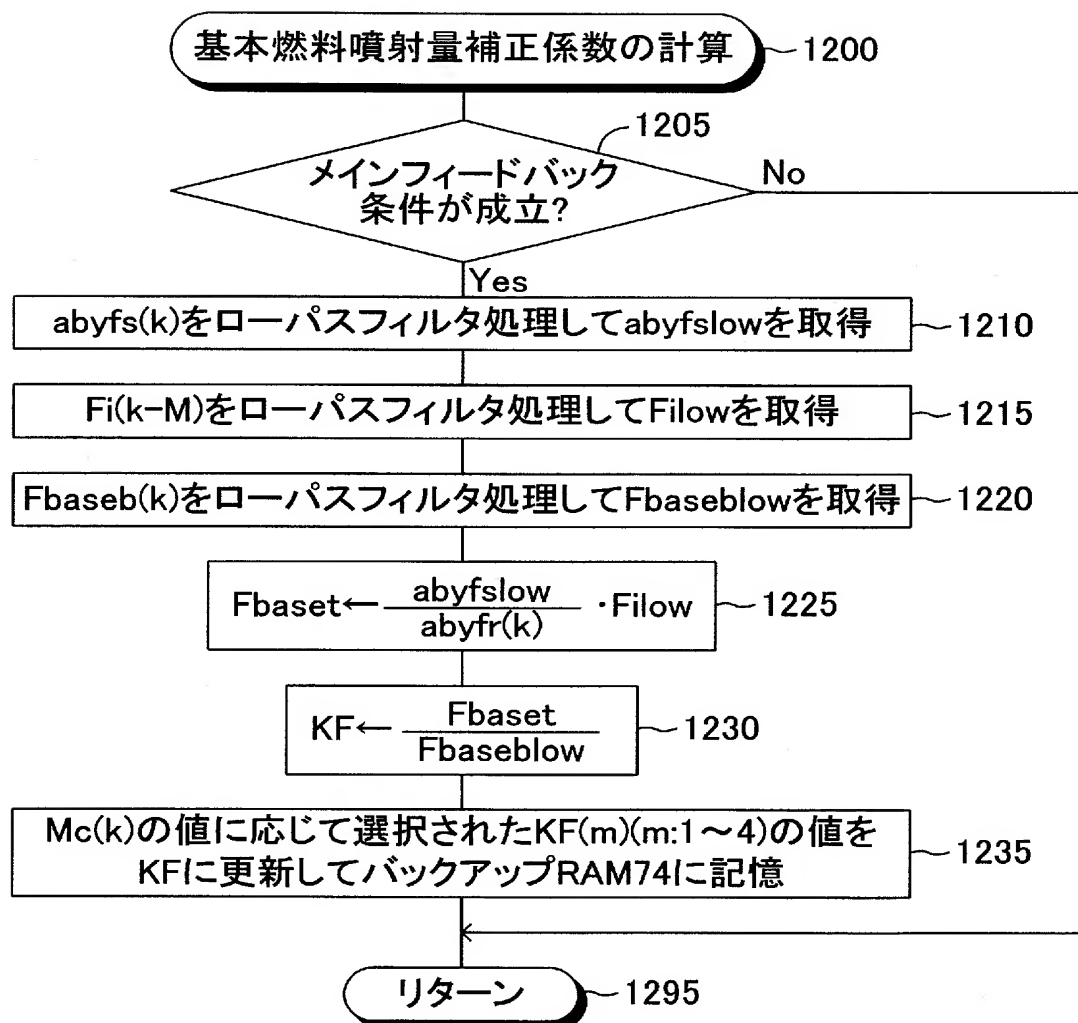
【図 8】











【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 触媒上流側空燃比センサの出力値をハイパスフィルタ処理した後の値と、触媒下流側空燃比センサの出力値とに基づく空燃比制御において、機関の空燃比を目標空燃比に向けて制御しつつ基本燃料噴射量の誤差を迅速に補償すること。

【解決手段】 この空燃比制御装置は、燃焼室内に吸入される筒内吸入空気量が等しいとの仮定のもと、指令最終燃料噴射量 F_i ($F_i(k-M)$) と検出空燃比 $abyfs(k)$ の積は、機関の実際の空燃比を目標空燃比 $abyfr(k)$ とするための目標指令基本燃料噴射量 F_{baset} と目標空燃比 $abyfr(k)$ の積に等しくなる、という関係から $F_{baset} = (abyfs(k)/abyfr(k)) \cdot F_i(k-M)$ を求め、同 F_{baset} を補正前指令基本燃料噴射量 $F_{baseb}(k)$ で除することで基本燃料噴射量補正係数 $KF (= F_{baset}/F_{baseb}(k))$ を求める。この KF を次回の補正前指令基本燃料噴射量 F_{baseb} に乗じることで次回の補正前指令基本燃料噴射量 F_{baseb} を補正していく。

【選択図】 図5

出願人履歴

0 0 0 0 0 3 2 0 7

19900827

新規登録

愛知県豊田市トヨタ町 1 番地

トヨタ自動車株式会社